

TUGAS AKHIR

**EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL
MONUMEN JOGJA KEMBALI
(*PERFORMANCE EVALUATION OF
SIGNALIZED INTERSECTION AT MONJALI*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



Ananda Tendo D

18511226

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2023**

TUGAS AKHIR

EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINAL MONUMEN JOGJA KEMBALI (*PERFORMANCE EVALUATION OF SIGNALIZED INTERSECTION AT MONJALI*)

Disusun Oleh :

ANANDA TENTO DHARMAWAN
18511226

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal : 23 Oktober 2023

Oleh Dewan Penguji :

Pembimbing

Miftahul F., S.T., M.T., Ph.D.

NIK : 955110103

Penguji I

Dr. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M.Sc

NIK : 145110101

Penguji II

Muh. Abdul Hadi, S.T., M.T.

NIK : 215111307

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.(Eng)

NIK : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan secara sungguh-sungguh bahwa Laporan Tugas Akhir yang saya buat merupakan hasil karya saya sendiri sebagai syarat untuk Program Studi Teknik Sipil. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dalam penulisan Tugas Akhir ada beberapa bagian yang saya ambil dari hasil karya orang lain yang telah saya cantumkan referensinya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian Tugas Akhir karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 3 Maret 2023

Yang membuat pernyataan,



METERAI
TEMPEL
292AKX669964863

Ananda Tendo Dharmawan

(18511226)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahuwata'ala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Monjali Sleman" dengan sebaik-baiknya. Tak lupa shalawat serta salam penulis haturkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad Shallallahu 'alaihi wasallam.

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam memperoleh derajat sarjana teknik sipil. Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini penulis menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah terlibat dan memberikan dukungan sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai. Berkaitan dengan hal tersebut penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak sebagai berikut.

1. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing, memberikan saran, nasihat selama proses penyusunan Tugas Akhir, dan selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Transportasi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Ibu Dr. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji dalam Sidang Tugas Akhir.
3. Bapak Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji dalam Sidang Tugas Akhir.
4. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng.), IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Trimujiyanto dan Ibu Marinten selaku orang tua penulis. Terima kasih atas Do'a yang diberikan dan juga support yang diberikan sehingga selesai,

penulis yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungannya sehingga Tugas Akhir dapat diselesaikan.

6. Teman Teman LK yang ada di Lampung yang telah memberikan support serta doa dan untuk PO untuk support yang diberikan selama penyusunan Tugas Akhir.
7. Teman-teman Teknik Sipil UII 2018 yang telah memberikan kesan selama mengenyam Pendidikan di bangku kuliah dan memberikan bantuannya dalam penyusunan Tugas Akhir.

Penulis menyadari Tugas Akhir ini masih belum sempurna. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pihak yang membaca.

Wassalamualaikum Warakhmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 3 Maret 2023

Penulis,



Ananda Tendo Dharmawan

(18511226)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
ABSTRAK	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Umum	4
2.2 Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal dan Alternatif Penanganannya	4
2.3 Pemodelan Lalu Lintas Menggunakan <i>Software</i> VISSIM	6
2.4 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang	7
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Persimpangan	12
3.2 Simpang Bersinyal	12
3.3 Arus Lalu Lintas	13
3.4 Arus Jenuh	14

3.4.1	Arus Jenuh Dasar	15
3.4.2	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota	15
3.4.3	Faktor Penyesuaian Hambatan Samping	16
3.4.4	Faktor Penyesuaian Kelandaian	20
3.4.5	Faktor Penyesuaian Parkir	21
3.4.6	Faktor Penyesuaian Belok Kanan	22
3.4.7	Faktor Penyesuaian Belok Kiri	23
3.5	Rasio Arus/Rasio Arus Jenuh	24
3.6	Penentuan Waktu Sinyal	25
3.6.1	Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian (C_{ua})	25
3.6.2	Waktu hijau	26
3.6.3	Waktu siklus yang disesuaikan	27
3.7	Kapasitas	27
3.8	Derajat Kejenuhan	28
3.9	Perilaku Lalu Lintas	28
3.9.1	Panjang Antrean	28
3.9.2	Kendaraan Terhenti	31
3.9.3	Tundaan	32
3.10	Tingkat Pelayanan Simpang	34
3.11	Pemodelan Lalu Lintas dengan <i>Software VISSIM</i>	36
3.12	Validasi Permodelan Data	41
3.13	Prediksi Volume Lalu Lintas Mendatang	43
BAB IV METODE PENELITIAN		44
4.1	Lokasi Penelitian	44
4.2	Data Penelitian	44
4.2	Metode Pengambilan Data	45
4.2.1	Alat yang Digunakan	50
4.2.2	Waktu Pelaksanaan Survei	50
4.3	Analisis Data	51
4.4	Bagan Alir Penelitian	51

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	54
5.1 Data Hasil Pengamatan	54
5.1.1 Data Volume Lalu Lintas	54
5.1.2 Data Waktu Siklus Simpang	57
5.1.3 Data Geometri Simpang	59
5.1.4 Data Kecepatan Kendaraan	61
5.1.5 Data <i>Driving Behavior</i>	62
5.1.6 Panjang Antrean	63
5.1.7 Hambatan Samping	63
5.2 Analisis Kinerja Simpang Monjali Berdasarkan MKJI 1997	66
5.2.1 Perhitungan Arus Jenuh	68
5.2.2 Perhitungan Kapasitas	73
5.2.3 Derajat Kejenuhan	74
5.2.4 Perhitungan Perilaku Lalu Lintas	75
5.3 Alternatif Solusi dengan Pemodelan VISSIM	83
5.3.1 Pemodelan Simpang Monjali pada Kondisi Eksisting	83
5.3.2 Alternatif Solusi 1	91
5.3.3 Alternatif Solusi 2	97
5.3.4 Alternatif Solusi 3	105
5.3.5 Alternatif Solusi 4	112
5.3.6 Perbandingan Alternatif Solusi	120
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	132
6.1 Kesimpulan	132
6.2 Saran	133
DAFTAR PUSTAKA	134
LAMPIRAN	136

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Konflik-Konflik Utama dan Kedua pada Simpang Bersinyal Empat Lengan	13
Gambar 3.2 Hambatan Samping Sangat Rendah pada Jalan Perkotaan	17
Gambar 3.3 Hambatan Samping Rendah pada Jalan Perkotaan	18
Gambar 3.4 Hambatan Samping Sedang pada Jalan Perkotaan	18
Gambar 3.5 Hambatan Samping Tinggi pada Jalan Perkotaan	19
Gambar 3. 6 Hambatan Samping Sangat Tinggi pada Jalan Perkotaan	19
Gambar 3.7 Faktor Kelandaian	20
Gambar 3.8 Faktor Koreksi Parkir	21
Gambar 3.9 Faktor Penyesuaian Belok Kanan	22
Gambar 3.10 Faktor Penyesuaian Belok Kiri	23
Gambar 3.11 Grafik Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian	25
Gambar 3.12 Grafik Antrian Tersisa	29
Gambar 3.13 Peluang untuk Pembebanan Lebih (POL)	30
Gambar 4.1 Lokasi Simpang Monjali	44
Gambar 4.2 Lokasi Pengamatan Survei Volume Lalu Lintas	46
Gambar 4.3 Lokasi Survei Kecepatan Kendaraan	48
Gambar 4.4 Lokasi Survei Driving Behavior	49
Gambar 4.5 Bagan Alir Penelitian	52
Gambar 5.1 Histogram Volume Lalu Lintas Periode Pagi	56
Gambar 5.2 Histogram Volume Lalu Lintas Periode Siang	56
Gambar 5.3 Histogram Volume Lalu Lintas Periode Sore	57
Gambar 5.4 Diagram Waktu Siklus Simpang Monjali Kondisi Eksisting	58
Gambar 5.5 Pembagian Fase Simpang Monjali Kondisi Eksisting	59
Gambar 5.6 Geometri Simpang Monjali	60
Gambar 5.7 Hambatan Samping Jalan Padjajaran (Barat)	64
Gambar 5.8 Hambatan Samping Jalan Tentara Pelajar Palagan	64

Gambar 5.9 Hambatan Samping Jalan Padjajaran (Timur)	65
Gambar 5.10 Hambatan Samping Jalan Nyi Tjondrolukito	65
Gambar 5.11 Distribusi Arus Lalu Lintas pada Jam Puncak	66
Gambar 5.12 Tampilan 3D Sebelum Kalibrasi	85
Gambar 5.13 Tampilan 3D Setelah Kalibrasi	85
Gambar 5. 14 Tampilan 3D Simpang Monjali	85
Gambar 5.15 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi 1	92
Gambar 5.16 Pembagian Fase Simpang Monjali Alternatif Solusi 1	93
Gambar 5.17 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi 2	100
Gambar 5.18 Pembagian Fase Simpang Monjali Alternatif Solusi 2	101
Gambar 5.19 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi 3	107
Gambar 5.20 Pembagian Fase Simpang Monjali Alternatif Solusi 3	108
Gambar 5.21 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi 4	115
Gambar 5.22 Pembagian Fase Simpang Monjali Alternatif Solusi 4	116
Gambar 5.23 Perbandingan Waktu Hijau	121
Gambar 5.24 Perbandingan Waktu Siklus	122
Gambar 5.25 Histogram Perbandingan Derajat Kejenuhan	123
Gambar 5.26 Histogram Perbandingan Panjang Antrean	125
Gambar 5.27 Histogram Perbandingan Tundaan Simpang	126

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang	8
Tabel 3.1 Faktor Ekuivalensi Mobil Penumpang	14
Tabel 3.2 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota	15
Tabel 3.3 Faktor Hambatan Samping	16
Tabel 3.4 Kelas Hambatan Samping Jalan Perkotaan	17
Tabel 3.5 Waktu Siklus yang Disarankan	26
Tabel 3.6 Tingkat Pelayanan Pada Simpang Bersinyal	34
Tabel 3.7 Kesimpulan Hasil Rumus GEH	42
Tabel 3.8 Kesimpulan Uji MAPE	43
Tabel 4.1 Data Penelitian	45
Tabel 5.1 Volume Lalu Lintas Simpang Monjali	54
Tabel 5.2 Pembagian Waktu Sinyal Simpang Monjali	58
Tabel 5.3 Data Geometri Simpang Monjali	60
Tabel 5.4 Data Kecepatan Kendaraan	61
Tabel 5.5 Data Driving Behavior	62
Tabel 5.6 Panjang Antrean Jam Puncak	63
Tabel 5.7 Volume Lalu Lintas Jam Puncak	67
Tabel 5.8 Faktor Penyesuaian Kelandaian	70
Tabel 5. 9 Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh	72
Tabel 5.10 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kapasitas	73
Tabel 5. 11 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Derajat Kejenuhan	75
Tabel 5. 13 Perubahan Parameter Driving Behavior	84
Tabel 5.14 Hasil Uji GEH dalam Proses Kalibrasi	86
Tabel 5.15 Kesimpulan Hasil Uji GEH	86
Tabel 5.16 Hasil Uji MAPE dalam Proses Validasi Panjang Antrean	87
Tabel 5.17 Kesimpulan Hasil Uji MAPE Setelah Kalibrasi	88

Tabel 5.18 Panjang Antrean Berdasarkan Pemodelan VISSIM	88
Tabel 5.19 Tundaan Berdasarkan Pemodelan VISSIM	89
Tabel 5.20 Tingkat Pelayanan Simpang	90
Tabel 5.21 Perbandingan Panjang Antrean	90
Tabel 5.22 Pewaktuan Sinyal pada Alternatif Solusi 1	92
Tabel 5.23 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan pada Alternatif Solusi 1	95
Tabel 5.24 Panjang Antrean pada Alternatif Solusi 1	95
Tabel 5.25 Tundaan pada Alternatif Solusi 1	96
Tabel 5.26 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif Solusi 1	96
Tabel 5.27 Pewaktuan Sinyal pada Alternatif Solusi 2	100
Tabel 5.28 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan pada Alternatif Solusi 2	103
Tabel 5.29 Panjang Antrean pada Alternatif Solusi 2	103
Tabel 5.30 Tundaan pada Alternatif Solusi 2	104
Tabel 5.31 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif Solusi 2	104
Tabel 5.32 Penentuan Waktu Hijau pada Alternatif Solusi 3	105
Tabel 5.33 Pewaktuan Sinyal pada Alternatif Solusi 3	106
Tabel 5.34 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan pada Alternatif Solusi 3	110
Tabel 5.35 Panjang Antrean pada Alternatif Solusi 3	110
Tabel 5.36 Tundaan pada Alternatif Solusi 3	111
Tabel 5.37 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif Solusi 3	111
Tabel 5.38 Pewaktuan Sinyal pada Alternatif Solusi 4	115
Tabel 5.39 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan pada Alternatif Solusi 4	118
Tabel 5.40 Panjang Antrean pada Alternatif Solusi 4	118
Tabel 5.41 Tundaan pada Alternatif Solusi 4	119
Tabel 5.42 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif Solusi 4	119
Tabel 5.43 Perbandingan Waktu Hijau	120
Tabel 5.44 Perbandingan Waktu Siklus	121

Tabel 5.45 Perbandingan Derajat Kejenuhan	123
Tabel 5.46 Perbandingan Panjang Antrean	124
Tabel 5.47 Persentase Perbandingan Panjang Antrean	124
Tabel 5.48 Perbandingan Nilai Tundaan Sempang	126
Tabel 5.49 Persentase Perbandingan Tundaan Sempang	126
Tabel 5.50 Perbandingan Tingkat Pelayanan	127
Tabel 5.51 Volume Lalu Lintas Jalan Padjajaran Tahun 2018	128
Tabel 5.52 Volume Lalu Lintas Jalan Padjajaran Tahun 2022	129
Tabel 5.53 Rekapitulasi Nilai Derajat Kejenuhan Tiap Tahun	131

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Volume Lalu Lintas	137
Lampiran 2 Data Panjang Antrean	146
Lampiran 3 Data Kecepatan Kendaraan	157
Lampiran 4 Data <i>Driving Behavior</i>	159

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

emp	= Ekvivalen mobil penumpang
smp	= Satuan mobil penumpang
Tipe 0	= Arus berangkat terlawan
Tipe P	= Arus berangkat terlindung
ST	= Lurus
LT	= Belok kiri
RT	= Belok kanan
LTOR	= Belok kiri langsung
Q	= Arus lalu lintas
S	= Arus jenuh
S ₀	= Arus jenuh dasar
F	= Faktor penyesuaian
C	= Kapasitas
DS	= Derajat kejenuhan
GR	= Rasio hijau
All Red	= Waktu merah semua
Amber	= Waktu kuning
IG	= Antar hijau
LTI	= Waktu hilang
QL	= Panjang antrian
NQ	= Antrian
NS	= Angka henti
D	= Tundaan

ABSTRAK

Simpang Monjali yang terletak di Kabupaten Sleman merupakan salah satu jalan yang mengalami peningkatan volume lalu lintas. Jalan tersebut merupakan jalan arteri primer yang menghubungkan Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah. Seiring dengan meningkatnya volume lalu lintas di jalan tersebut, maka sering terjadi kemacetan di beberapa titik. Salah satu titik kemacetan yang terjadi pada persimpangan jalan. Simpang Monjali merupakan salah satu simpang yang sering terjadi kemacetan. Simpang tersebut mempertemukan Jalan Padjajaran, Jalan Tentara Palagan, dan Jalan Nyi Tjondrolukito. Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini memiliki tujuan untuk mengevaluasi kinerja pada simpang tersebut dengan menggunakan metode MKJI 1997 dan penggunaan aplikasi VISSIM serta untuk memberikan usulan solusi penanganan pada Simpang Monjali agar lebih optimal berdasarkan *software* VISSIM.

Proses analisis dilakukan menggunakan metode MKJI 1997 dan *Highway Capacity Manual* (HCM) serta pemodelan dengan aplikasi *software* yang bernama VISSIM. Untuk mengetahui kondisi eksisting serta mendapatkan data guna untuk menanggulangi kemacetan yang terjadi. Hasil dari penelitian tersebut dapat digunakan untuk menanggulangi kemacetan yang terjadi serta digunakan sebagai evaluasi guna menekan angka kemacetan pada lokasi yang ditinjau.

Didapatkan hasil berupa waktu siklus sebesar 174 detik dengan 4 fase. Tiap pendekatan memiliki fase tersendiri dan pada pendekatan selatan memiliki LTOR. Kemudian didapatkan Derajat kejenuhan (DS) untuk Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 0,80, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 1,00, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 0,70, dan Jalan Padjajaran (timur) sebesar 0,98. Panjang antrean untuk Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 65,10 m, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 250,45 m, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 60,50 m, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 249,91 m. Waktu tundaan simpang sebesar 91,93 detik/smp dengan tingkat pelayanan F. Alternatif solusi berupa pengaturan 5 fase simpang dan penyesuaian waktu siklus menjadi 155 detik merupakan alternatif yang paling efektif. Tiap pendekatan memiliki fase sendiri. Pada pendekatan Timur dan Barat ketika lurus dan belok kiri memiliki waktu hijau bersamaan. Pada pendekatan selatan memiliki LTOR. Derajat kejenuhan pada Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 0,68, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 0,75, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 0,69, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 0,69. Panjang antrean pada Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 35,25 m, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 65,21 m, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 47,97 m, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 68,82 m. Waktu tundaan simpang sebesar 59,58 detik dengan tingkat pelayanan E.

Kata Kunci: MKJI 1997, Simpang Bersinyal, VISSIM, Kondisi Eksisting

ABSTRACT

The Monjali Intersection, located in Sleman Regency, is one of the roads that has experienced an increase in traffic volume. The road is a primary arterial road that connects the Special Region of Yogyakarta and Central Java. Along with the increasing volume of traffic on the road, congestion often occurs at several points. One of the points of congestion that occurs at the crossroads. Monjali intersection is one of the intersections where traffic jams often occur. The intersection brings together Padjajaran Street, Palagan Soldier Street, and Nyi Tjondroluktio Street. Based on this, this study aims to evaluate the performance at the intersection using the MKJI 1997 method and the use of the VISSIM application and to propose solutions for handling the Monjali Intersection so that it is more optimal based on the VISSIM software

The analysis process was carried out using the MKJI 1997 method and the Highway Capacity Manual (HCM) as well as modeling with a software application called VISSIM. To find out the existing conditions and get data to overcome the congestion that occurs. The results of this study can be used to overcome congestion that occurs and used as an evaluation to reduce congestion rates at the locations under review.

The results are obtained in the form of a cycle time of 174 seconds with 4 phases. Each approach has its own phase and the southern approach has LTOR. Then obtained the degree of saturation (DS) for Jalan Darat Palagan (North) of 0.80, Jalan Padjajaran (West) of 1.00, Jalan Nyi Tjondrolukito (South) of 0.70, and Jalan Padjajaran (east) of 0.98. The queue length for Jalan Darat Palagan (North) is 65.10 m, Jalan Padjajaran (West) is 250.45 m, Jalan Nyi Tjondrolukito (South) is 60.50 m, and Jalan Padjajaran (East) is 249.91 m. The intersection delay time is 91.93 seconds/pcu with service level F. Alternative solutions in the form of setting 5 intersection phases and adjusting the cycle time to 155 seconds are the most effective alternatives. Each approach has its own phase. On the East and West approaches when going straight and turning left have the same green time. On the south approach has LTOR. The degree of saturation on Jalan Darat Palagan (North) is 0.68, Jalan Padjajaran (West) is 0.75, Jalan Nyi Tjondrolukito (South) is 0.69, and Jalan Padjajaran (East) is 0.69. The length of the queue on Jalan Darat Palagan (North) is 35.25 m, Jalan Padjajaran (West) is 65.21 m, Jalan Nyi Tjondrolukito (South) is 47.97 m, and Jalan Padjajaran (East) is 68.82 m. The intersection delay time is 59.58 seconds with service level E.

Keywords: *Condition Eksisting, MKJI 1997, Signalized intersection, VISSIM,*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Sleman merupakan salah satu kabupaten di Daerah Istimewa Yogyakarta yang mengalami peningkatan volume lalu lintas. Hal tersebut disebabkan oleh meningkatnya jumlah kendaraan pada kabupaten tersebut. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman (2023), jumlah kendaraan di Kabupaten Sleman pada tahun 2021 sebesar 45,209 kendaraan. Jumlah tersebut meningkat sebesar 5,40 % dari tahun sebelumnya. Selain itu, Sleman merupakan salah satu tujuan wisata yang menyebabkan kendaraan dari berbagai daerah sering menuju obyek wisata.

Simpang Monjali yang terletak di Kabupaten Sleman merupakan salah satu jalan yang mengalami peningkatan volume lalu lintas. Jalan tersebut merupakan jalan arteri primer yang menghubungkan Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah. Seiring dengan meningkatnya volume lalu lintas di jalan tersebut, maka sering terjadi kemacetan di beberapa titik. Salah satu titik kemacetan terjadi pada persimpangan jalan.

Simpang Monjali merupakan salah satu simpang yang sering terjadi kemacetan. Simpang tersebut mempertemukan Jalan Padjajaran, Jalan Tentara Palagan, dan Jalan Nyi Tjondrolukito. Jalan Padjajaran merupakan jalan arteri nasional yang menghubungkan Jawa Tengah dengan Daerah Istimewa Yogyakarta. Salsabila (2022) mengevaluasi dampak pemindahan putar balik terhadap kinerja simpang: studi kasus simpang monjali, Yogyakarta menyatakan bahwa pada Jalan Padjajaran yang terletak pada simpang tersebut memiliki nilai derajat kejenuhan sebesar 1,10 untuk lengan Barat dan 1,25 untuk lengan Timur. Kemudian Sayidah (2023) mengkaji pengaruh *alley* terhadap kinerja simpang monjali dan didapatkan hasil yang berbeda dari penelitian yang sedang dilakukan sekarang ini.

Dari permasalahan kemacetan yang terdapat pada Simpang Monjali, maka perlu dilakukan analisis mengenai masalah tersebut. Dalam proses melakukan analisis tersebut, penulis mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (Bina Marga, 1997) dan dilakukan pemodelan menggunakan *software* VISSIM.

Berikut situasi keadaan di simpang Monjali pada pagi hari yang merupakan jam sibuk pada hari kerja. Dapat dilihat pada Gambar 1.1, Gambar 1.2 dan Gambar 1.3, Gambar 1.4.



Gambar 1.1 Keadaan Simpang Pada Lengan Bagian Timur



Gambar 1.2 Keadaan Simpang Pada Lengan Bagian Barat



Gambar 1.3 Keadaan Simpang Pada Lengan Bagian Utara



Gambar 1.4 Keadaan Simpang Pada Lengan Bagian Selatan

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kinerja Simpang Monjali pada kondisi eksisting saat ini berdasarkan (Bina Marga, 1997) ?
2. Bagaimana solusi penanganan pada Simpang Monjali agar lebih optimal berdasarkan *software* (Bina Marga, 1997) ?
3. Bagaimana kinerja eksisting dengan beberapa usulan penanganan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kinerja Simpang Monjali pada kondisi eksisting saat ini dengan berdasarkan (Bina Marga, 1997).
2. Mengusulkan solusi penanganan pada Simpang Monjali agar lebih optimal berdasarkan *software VISSIM*.
3. Mengetahui kinerja eksisting dengan beberapa usulan penanganan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi pemerintah, dapat menjadi masukan khususnya untuk Dinas Perhubungan Kabupaten Sleman agar kinerja Simpang Monjali dapat lebih optimal sehingga masyarakat mengalami kemudahan dan kemajuan.
2. Bagi akademisi, menambah wawasan dan mengenai evaluasi simpang bersinyal dan menjadi referensi jika terdapat penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Penelitian

Adanya batasan masalah bertujuan agar penelitian yang dilakukan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini akan dilakukan di Simpang Monjali Sleman.
2. Analisis kinerja simpang yang mengacu pada Peraturan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) Tahun 1997.
3. Pemodelan simpang yang menggunakan tambahan aplikasi yang berupa *software VISSIM*.
4. Penentuan waktu survei berdasarkan survei yang dilakukan oleh Dinas Perhubungan Daerah Istimewa Yogyakarta.
5. Pengaruh gradien jalan pada tiap pendekat diabaikan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Tinjauan pustaka bertujuan untuk mengetahui keterkaitan antara penelitian yang dilakukan oleh penulis dengan penelitian terdahulu. Penelitian yang sudah ada dapat menjadi referensi bagi penulis dalam menyusun penelitian ini. Sebelumnya menggunakan metode putar balik (*U-turn*) dan untuk metode sekarang digunakan alternatif pengaturan eksisting. Peninjauan terhadap penelitian terdahulu juga berfungsi untuk membandingkan penelitian saat ini dengan penelitian terdahulu sehingga tidak terjadi kesamaan penelitian dengan metode dan lokasi yang sama.

2.2 Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal dan Alternatif Penanganannya

Wardani (2018) menyimpulkan bahwa berdasarkan (Bina Marga, 1997), kinerja pelayanan simpang bersinyal memiliki derajat kejenuhan sebesar 2,46. Tundaan simpang rata-rata sebesar 1096,31 detik/smp dan memilikitingkat pelayanan F.

Studi tentang kinerja simpang bersinyal oleh Iswanto (2019) menjelaskan bahwa berdasarkan MKJI 1997 menunjukkan kinerja simpang bersinyal Jlagran pada kondisi eksisting kurang baik. Kapasitas tertinggi terletak pada lengan utara sebesar 725,45 smp/jam.

Kasus yang memiliki masalah serupa yang menggunakan *software* yang sama dilakukan oleh Pratama (2018) menyimpulkan bahwa kinerja simpang APMD pada kondisi eksisting menunjukkan hasil yang kurang baik. Arus lalu lintas tertinggi terdapat pada lengan Utara sebesar 542,3 smp/jam, kapasitas sebesar 552 smp/jam, derajat kejenuhan sebesar 0,98.

Hasil penelitian lain yang dilakukan Andriansyah (2022) melakukan analisis simpang bersinyal menggunakan perangkat lunak VISSIM. Studi kasus penelitian ini yaitu simpang Deggung, Yogyakarta. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa panjang antrian rata-rata di lapangan dan pemodelan atau simulasi dengan *software* VISSIM hampir sama, yaitu 60 m dan 61 m.

2.3 Pemodelan Lalu Lintas Menggunakan *Software VISSIM*

Miryati (2021) melakukan evaluasi dan menyimpulkan bahwa Simpang Gondomanan dan Simpang KM Nol belum terkoordinasi. Lalu penulis melakukan desain koordinasi sinyal menggunakan *software* PTV VISSIM dan disimpulkan bahwa dengan dilakukan koordinasi antar kedua simpang. Maka nilai tundaan mengalami penurunan sebesar 42,40 % dari eksisting 20,73 detik menjadi 11,94 detik. Nilai kapasitas mengalami kenaikan sebesar 27,53 % dari kondisi eksisting 677,3 smp/jam menjadi 863,13 smp/jam. Sedangkan nilai kecepatan mengalami kenaikan 5,38 % dari eksisting 23,03 km/jam menjadi 24,27 km/jam.

Pemodelan menggunakan *VISSIM* juga memberikan alternatif solusi terbaik yaitu dengan pemasangan median pada jalan utama, pengurangan hambatan samping, dan pemberlakuan sistem jalan searah untuk jalan minor pada jam sibuk. Dalam penelitian yang berjudul “Dampak *Alley* pada *U-Turn* terhadap Kinerja Ruas Jalan Perkotaan” Prayogi (2020) menganalisis kemudian membahas penelitian tersebut menggunakan *PTV VISSIM*. Dari analisis menggunakan *software* tersebut, didapatkan kecepatan rata-rata pada kondisi eksisting untuk arah utara ke selatan sebesar 30,29 km/jam dan untuk arah selatan ke utara sebesar 28,62 km/jam.

Yudhatama (2020) Mempertimbangkan dan mengevaluasi *Headway Trans Jogja*” menggunakan *software* VISSIM dalam melakukan pemodelannya. Dari hasil pemodelan menggunakan *software* tersebut didapatkan tundaan rata-rata sebesar 13,77 detik/kendaraan, panjang antrean sebesar 45,82 m, dan nilai tingkat pelayanan C. Alternatif solusi yang dapat digunakan yaitu mengubah waktu siklus simpang dari 93 detik menjadi 110 detik dengan mempertimbangkan nilai tundaan dan panjang antrean. Solusi lain yaitu dengan mengubah waktu siklus menjadi 104 detik dengan mempertimbangkan *headway Trans Jogja*.

Zaki (2020) melakukan penelitian menggunakan *software VISSIM*. Hasil analisis menggunakan *software* tersebut dapat disimpulkan bahwa kinerja simpang pada kondisi eksisting cukup baik kecuali pada lengan utara dengan nilai tundaan sebesar 64,854 detik/kendaraan dengan hasil tingkat pelayanan yaitu F. Nilai panjang antrean yang paling buruk terletak pada lengan timur sebesar 171,343 m. Ismanto (2021) menyimpulkan bahwa hasil simulasi menggunakan *software VISSIM* dengan merubah waktu siklus dan menghilangkan LTOR menghasilkan tingkat pelayanan simpang D, nilai tundaan sebesar 25,235 detik/kendaraan, panjang antrean sebesar 100 m, nilai kapasitas sebesar 594,699 smp/jam, dan derajat kejenuhan sebesar 0,887.

2.4 Perbandingan Penelitian Tentang Kinerja Simpang Bersinyal

Perbandingan penelitian terdahulu yang sejenis dengan penelitian penulis dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Tentang Kinerja Simpang Bersinyal

Peneliti	Wardani (2018)	Nindita (2018)	Indrawan (2019)	Miryati(2019)	Zaki (2020)	Mbuinga (2020)	Penelitian Sekarang (2022)
Judul Penelitian	Evaluasi kinerja dan tingkat pelayanan simpang bersinyal (Studi kasus: Simpang Kediri Kabupaten Tabanan).	Analisis kinerja simpang bersinyal menggunakan <i>software VISSIM</i> . (Studi kasus: Simpang Ngabean Yogyakarta)	Evaluasi kinerja Simpang Jlagran dari segi kapasitas, berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997).	Desain kordinasi sinyal untuk dua simpang yang berdekatan.	Evaluasi kinerja lalu lintas Simpang Seturan UPN dan mengetahui alternative solusi penanganan di simpang tersebut dengan menggunakan <i>VISSIM</i>	Evaluasi kinerja operasi simpang Dr. Djundjuran Surya Sumantri dengan <i>Software VISSIM</i>	Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Monumen Jogja Kembali dengan <i>VISSIM</i>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Tentang Kinerja Simpang Bersinyal

Peneliti	Wardani (2018)	Nindita (2018)	Indrawan (2019)	Miryati(2019)	Zaki (2020)	Mbuinga (2020)	Penelitian sekarang (2022)
Metode Penelitian	Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)	Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)	Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)	Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) dan <i>software PTV VISSIM</i>	Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) dan <i>software PTV VISSIM</i>	Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) dan <i>software PTV VISSIM</i>	Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) dan <i>software PTV VISSIM</i>
Lokasi Penelitian	Simpang Kediri Kabupaten Tabanan	Simpang Besinyal Ngabean Yogyakarta	Simpang Jalan Letjen Suprpto – Jalan Jlagran – Jalan Pembela Tanah Air, Yogyakarta	Jalan Wates KM 5, Gamping, Sleman, Yogyakarta	Simpang UPN Yogyakarta	simpang Dr. Djundjuran surya sumantri	Simpang Monjali Yogyakarta

Sumber : Wardani (2018), Nindita (2018), Indrawan (2019), Miryati (2019), Zaki (2020), Mbuinga (2020), Dharmawan (2022)

Persamaan antara penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang yaitu penulis melakukan penelitian evaluasi kinerja simpang berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) dan kemudian akan dilakukan permodelan atau simulasi dengan menggunakan *software PTV VISSIM*. Namun demikian, terdapat perbedaan dengan penelitian sebelumnya dalam hal lokasi penelitian yang terletak pada Simpang Monjali Sleman. Peneliti sebelumnya Salsabila (2022) berpendapat bahwa untuk mengurangi tingkat kemacetan pada simpang monjali dilakukan dengan metode putar arah (*U-turn*). Sehingga menurut pendapat peneliti sebelumnya untuk mengurangi tingkat kemacetan pada lokasi simpang monjali dilakukan dengan cara putar arah (*U-turn*). Sedangkan untuk penelitian yang sekarang dilakukan ditunjukkan untuk mengurangi kemacetan yang terjadi di simpang monjali, dengan beberapa alternatif rekayasa waktu eksisting guna menanggulangi kemacetan dan diharapkan dengan adanya alternatif ini maka tidak ada kemacetan yang terjadi secara tiba-tiba karena alternatif tersebut tidak mengharuskan kendaraan untuk putar arah.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Persimpangan

Menurut AASHTO (2018), persimpangan adalah daerah di mana dua atau lebih ruas jalan bergabung atau bersilangan, termasuk fasilitas jalan dan tepi jalan untuk pergerakan lalu lintas di sekitarnya.

Elemen dasar yang menjadi pertimbangan dalam merancang persimpangan sebidang adalah sebagai berikut.

1. Pembagian jalur jalan tanpa ramp.
2. *Interchange Period* (simpang susun).

Tujuan adanya simpang yaitu mengurangi potensi konflik di antara kendaraan (termasuk pejalan kaki) dan sekaligus menyediakan kenyamanan maksimum dan kemudahan pergerakan bagi kendaraan.

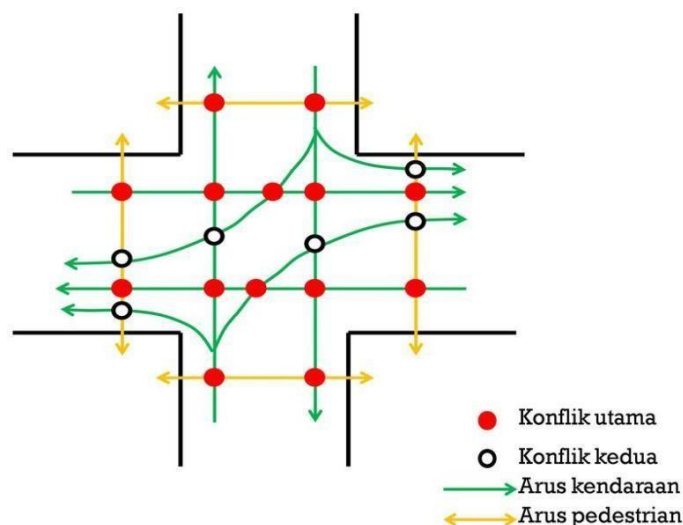
3. Faktor ekonomi, seperti biaya dan manfaat, dan konsumsi energi.
4. Pertimbangan lalu lintas, seperti kapasitas dan pergerakan membelok, kecepatan kendaraan, dan ukuran serta penyebaran kendaraan.

3.2 Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal adalah persimpangan yang terdiri dari 3 lengan atau lebih yang memiliki lampu lalu lintas atau Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL). Menurut MKJI 1997, lampu lalu lintas digunakan untuk alasan sebagai berikut.

1. Menghindari kemacetan simpang karena adanya konflik arus lalu lintas sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas berada pada jam puncak.
2. Memberi kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan simpang kecil untuk memotong jalan utama.
3. Mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan dari arah yang berlawanan.

Pada saat Penggunaan lampu lalu lintas dengan tiga warna yaitu merah, kuning, dan hijau digunakan untuk memisahkan ruas jalan dari gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu. Sedangkan konflik kedua berupa gerakan membelok dari lalu lintas lurus melawan, atau gerakan lalu lintas membelok dari pejalan kaki yang menyeberang. Konflik-konflik pada simpang dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut



Gambar 3.1 Konflik-Konflik Utama dan Kedua pada Simpang Bersinyal Empat Lengan

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

3.3 Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas (Q) merupakan jumlah kendaraan bermotor yang melintasi suatu titik di ruas jalan per satuan waktu. Dalam menghitung jumlah kendaraan, perlu dilakukan konversi satuan kendaraan agar berbagai jenis kendaraan dapat dihitung seragam. Oleh sebab itu, tiap jenis kendaraan perlu adanya faktor konversi agar dapat diubah menjadi satuan yang sama yaitu satuan mobil penumpang (smp). Di bawah ini merupakan ekuivalen kendaraan penumpang (emp) untuk tiap jenis kendaraan bermotor yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Faktor Ekivalensi Mobil Penumpang

Jenis Kendaraan	Emp untuk tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan Berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda Motor (MC)	0,2	0,4

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

3.4 Arus Jenuh

Arus jenuh (S) merupakan banyaknya kendaraan pada suatu pendekat selama kurun waktu yang ditentukan. Hal ini didapatkan dari hasil perkalian antara arus jenuh dasar (S_0) dengan faktor-faktor penyesuaian (F) yang merupakan faktor penyimpangan dari kondisi yang sebenarnya. Arus jenuh simpang bersinyal dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.1 berikut.

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (3.1)$$

dengan:

- S_0 = arus jenuh dasar,
- F_{CS} = faktor penyesuaian ukuran kota,
- F_{SF} = faktor penyesuaian hambatan samping,
- F_G = faktor penyesuaian kelandaian,
- F_P = faktor penyesuaian parkir,
- F_{RT} = faktor penyesuaian belok kanan, dan
- F_{LT} = faktor penyesuaian belok kiri.

3.5 Arus Jenuh Dasar

Arus jenuh dasar (S_0) adalah banyaknya keberangkatan antrian dalam suatu pendekat selama kondisi ideal. Adapun arus jenuh dasar berdasarkan MKJI 1997 dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.2 berikut.

$$S_0 = 600 \times W_e \quad (3.2)$$

dengan:

W_e = lebar efektif (m).

Munawar (2003) menyatakan bahwa nilai arus jenuh yang ada di lapangan ternyata lebih besar sekitar 1,3 kali dari hasil MKJI 1997. Berdasarkan hasil tersebut maka perhitungan arus jenuh dasar menggunakan Persamaan 3.3 berikut.

$$S_0 = 780 \times W_e \quad (3.3)$$

3.5.1 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Faktor penyesuaian ukuran kota adalah faktor penyesuaian kapasitas dasar yang didasarkan pada jumlah penduduk suatu kota. Faktor penyesuaian ukuran kota dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Penduduk Kota (juta jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{cs})
>3,0	1,05
1,0 – 3,0	1,00
0,5 – 1,0	0,94
0,1 – 0,5	0,83
<0,1	0,82

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

3.5.2 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Faktor hambatan samping ialah faktor yang dipengaruhi oleh interaksi antar arus lalu lintas dan kegiatan di samping jalan yang mengakibatkan pengurangan arus jenuh di dalam pendekat. Penentuan faktor hambatan samping dipengaruhi oleh tipe lingkungan jalan, tingkat hambatan samping, tipe fase dan rasio kendaraan tak bermotor. Adapun penentuan faktor penyesuaian hambatan samping dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Faktor Hambatan Samping

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥0,25
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Permukiman (RES)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,99	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses Terbatas (RA)	Tinggi/Sedang/ Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

Tipe lingkungan jalan ditentukan berdasarkan aksesibilitas dan aktivitas yang ada pada lingkungan jalan. Sedangkan tipe hambatan samping ditentukan secara kualitatif dengan mempertimbangkan teknik lalu lintas yang ada berdasarkan jumlah berbobot kejadian per 200 m per jam atau kondisi khusus yang terdapat pada jalan. Adapun kelas hambatan samping jalan perkotaan ditentukan berdasarkan Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Kelas Hambatan Samping Jalan Perkotaan

Kelas Hambatan Samping	Kode	Kondisi khusus
Sangat rendah	VL	Daerah permukiman; dengan jalan samping
Rendah	L	Daerah permukiman; beberapa kendaraan umum dsb.
Sedang	M	Daerah industri, beberapa toko di sisi jalan.
Tinggi	H	Daerah komersial, aktivitas sisi jalan tinggi.
Sangat Tinggi	VH	Daerah komersial dengan aktivitas pasar di samping jalan.

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

Kelas hambatan samping bisa dilihat secara bersama dalam tampilan visual yang dapat di tampilkan seperti berikut. Oleh karena itu gambar seperti yang terdapat pada Gambar 3.2, Gambar 3.3, Gambar 3.4, Gambar 3.5, dan Gambar 3.6.

**Gambar 3.2 Hambatan Samping Sangat Rendah pada Jalan Perkotaan**

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)



Gambar 3.3 Hambatan Samping Rendah pada Jalan Perkotaan
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)



Gambar 3.4 Hambatan Samping Sedang pada Jalan Perkotaan
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)



Gambar 3.5 Hambatan Samping Tinggi pada Jalan Perkotaan
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)



Gambar 3. 6 Hambatan Samping Sangat Tinggi pada Jalan Perkotaan

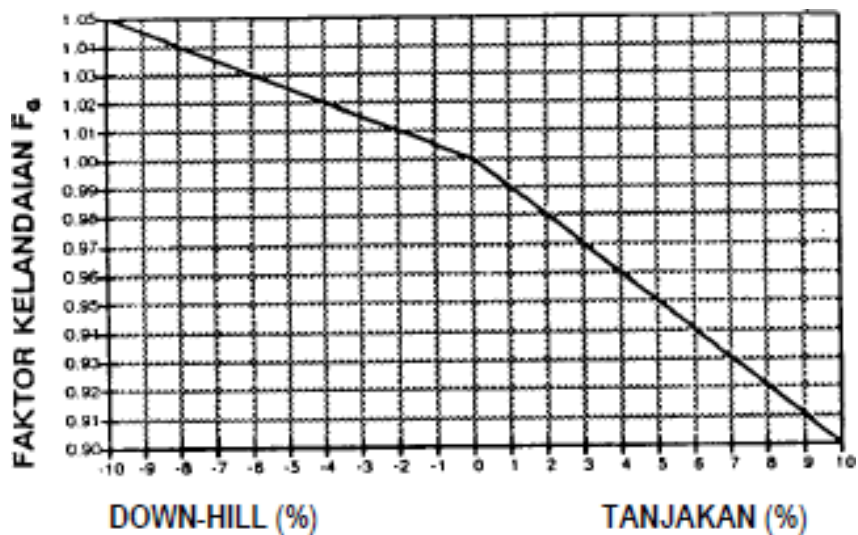
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Dalam hal ini untuk mendapatkan atau menentukan kelas hambatan samping pada jalan perkotaan, apabila data frekuensi berbobot kejadian tidak diketahui maka kelas tersebut dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut.

1. Periksa uraian tentang kondisi khas dan dipilih salah satu yang terbaik untuk menggambarkan keadaan dari segmen jalan yang dianalisis.
2. Pelajari foto pada Gambar yang mewakili kekhasan, kesan pandangan rata-rata dari masing-masing kelas hambatan samping, dan dipilih salah satu yang paling sesuai dengan kondisi sesungguhnya dan kondisi rata-rata lokasi untuk periode yang dipelajari
3. Pilih kelas hambatan samping berdasarkan gabungan pertimbangan pada kondisi khas dan gambar yang dipilih.

3.5.3 Faktor Penyesuaian Kelandaian

Faktor penyesuaian kelandaian atau faktor gradien (F_G) adalah faktor koreksi untuk kelandaian pendekat. Nilai kelandaian dinyatakan dalam persen. Jika suatu pendekat mengalami tanjakan maka nilai persennya positif dan jika pendekat mengalami turunan maka nilai persennya negatif. Penentuan nilai faktor kelandaian dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut.



Gambar 3.7 Faktor Kelandaian

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Berdasarkan dari factor penyesuaian kelandaian adalah bisa di simpulkan dengan hambatan samping yang berdampak dari kinerja ruas jalan yang diakibatkan oleh kegiatan di sisi jalan. Masalah yang ditimbulkan oleh hambatan samping di Indonesia menimbulkan konflik yang besar terhadap kinerja lalu lintas.

3.5.4 Faktor Penyesuaian Parkir

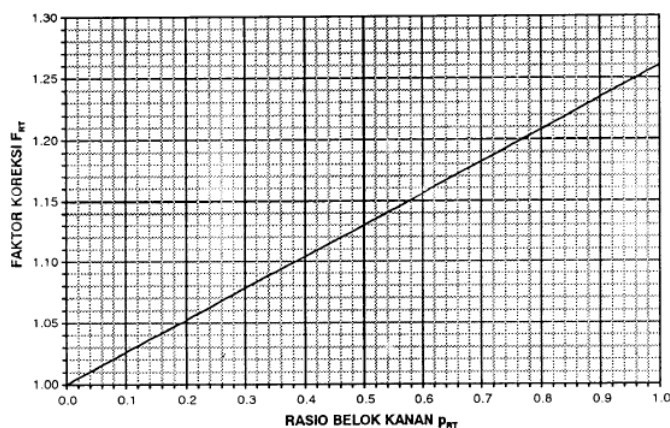
Faktor penyesuaian parkir adalah faktor koreksi yang dihitung berdasarkan jarak garis henti hingga kendaraan yang diparkir pertama dalam suatu pendekat. Hal yang berpengaruh dalam menentukan faktor penyesuaian parkir yaitu jarak garis henti hingga kendaraan yang diparkir pertama, lebar pendekat, dan waktu hijau pada pendekat. Perhitungan faktor penyesuaian parkir dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.3 berikut.

$$F_p = [L_p/3 - (W_A - 2) \times (L_p/3 - g) / W_A] / g \quad (3.3)$$

dengan:

- L_p = jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m) (atau panjang dari lajur pendek),
- W_A = lebar pendekat (m), dan
- g = waktu hijau pada pendekat (nilai normal 26 detik).

Selain menggunakan Persamaan 3.3 di atas, perhitungan faktor koreksi parkir juga dapat diketahui dengan menggunakan grafik yang terdapat pada Gambar 3.8 berikut.



Gambar 3.8 Faktor Koreksi Parkir

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

3.5.5 Faktor Penyesuaian Belok Kanan

Faktor penyesuaian belok kanan merupakan faktor koreksi yang ditentukan berdasarkan rasio kendaraan belok kanan (P_{RT}) dalam suatu pendekatan. Faktor ini hanya untuk pendekatan tipe P, tanpa median, dan jalan dua arah. Hal tersebut dikarenakan jalan dua arah tanpa median dan kendaraan belok kanan pada pendekatan tipe P memiliki kecenderungan untuk memotong garis tengah jalan sebelum melewati garis henti saat menyelesaikan belokannya. Sehingga mengakibatkan peningkatan rasio belok kanan pada arus jenuh. Perhitungan faktor penyesuaian belok kanan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.4 berikut.

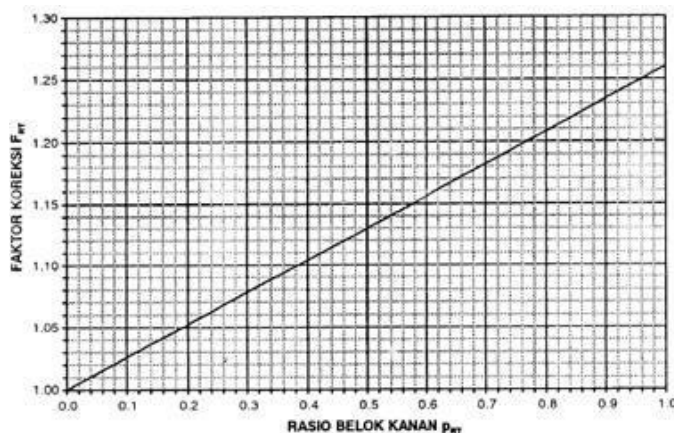
$$F_{RT} = 1,0 + P_{RT} \times 0,26 \quad (3.4)$$

dengan:

F_{RT} = faktor penyesuaian belok kanan, dan

P_{RT} = rasio kendaraan belok kanan.

Selain menggunakan Persamaan 3.4, penentuan faktor penyesuaian belok kanan dapat ditentukan menggunakan grafik yang terdapat pada Gambar 3.9 berikut.



Gambar 3.9 Faktor Penyesuaian Belok Kanan

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

3.5.6 Faktor Penyesuaian Belok Kiri

Faktor penyesuaian belok kanan merupakan faktor koreksi yang ditentukan berdasarkan rasio kendaraan belok kanan (P_{RT}) dalam suatu pendekatan. Faktor ini hanya untuk pendekatan tipe P tanpa LTOR. Hal tersebut dikarenakan pada pendekatan terlindung tanpa adanya belok kiri jalan terus, kendaraan belok kiri cenderung melambat dan mengurangi arus jenuh pada pendekatan tersebut. Perhitungan faktor penyesuaian belok kiri dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.5 berikut.

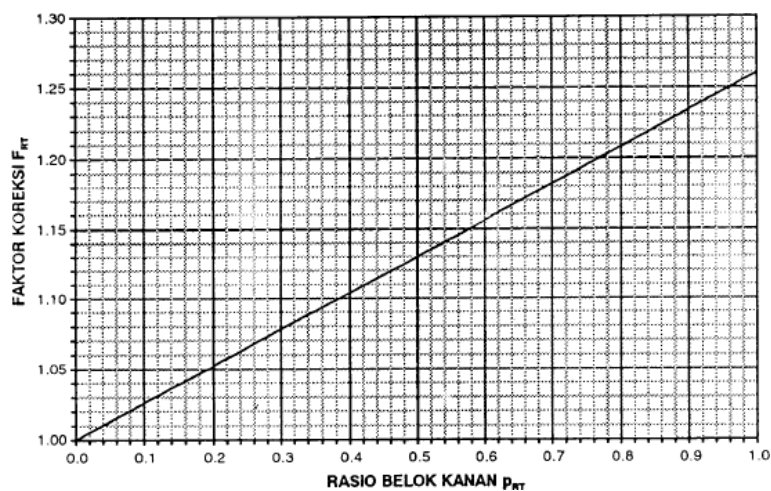
$$F_{LT} = 1,0 - P_{LT} \times 0,16 \quad (3.5)$$

dengan:

F_{LT} = faktor penyesuaian belok kiri, dan

P_{LT} = rasio kendaraan belok kiri.

Selain menggunakan Persamaan 3.5, penentuan faktor penyesuaian belok kiri dapat ditentukan menggunakan grafik yang terdapat pada Gambar 3.10 berikut.



Gambar 3.10 Faktor Penyesuaian Belok Kiri

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

3.6 Rasio Arus/Rasio Arus Jenuh

Rasio arus adalah perbandingan arus terhadap arus jenuh dari suatu pendekat. Perhitungan rasio arus tiap pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.6 berikut.

$$FR = Q/S \quad (3.6)$$

dengan:

FR = rasio arus,

Q = arus lalu lintas (smp/jam), dan

S = arus jenuh (smp/jam hijau).

Nilai FR dari tiap pendekat dicari nilai tertinggi yang terdapat pada suatu fase yang disebut rasio arus kritis (FR_{crit}). Nilai rasio arus simpang (IFR) merupakan jumlah dari nilai FR_{crit} yang dihitung menggunakan Persamaan 3.7 berikut.

$$IFR = \sum (FR_{crit}) \quad (3.7)$$

dengan:

IFR = rasio arus simpang, dan

FR_{crit} = rasio arus kritis.

Rasio Fase (PR) merupakan perbandingan antara nilai FR_{crit} dengan IFR pada tiap fase. Perhitungan rasio fase (PR) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.8 berikut.

$$PR = FR_{crit} / IFR \quad (3.8)$$

dengan:

PR = rasio fase.

3.7 Penentuan Waktu Sinyal

Penentuan waktu sinyal bertujuan untuk meminimalkan tundaan total pada suatu simpang. Waktu simpang yang ditentukan didasarkan pada waktu siklus (c) dan waktu hijau (g_i) pada tiap fase (i).

3.6.1 Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian (c_{ua})

Waktu siklus sebelum penyesuaian merupakan waktu siklus yang didapat dari hasil perhitungan dan sebelum dilakukan penyesuaian waktu siklus berdasarkan tipe simpang. Perhitungan waktu siklus sebelum penyesuaian dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.9 berikut.

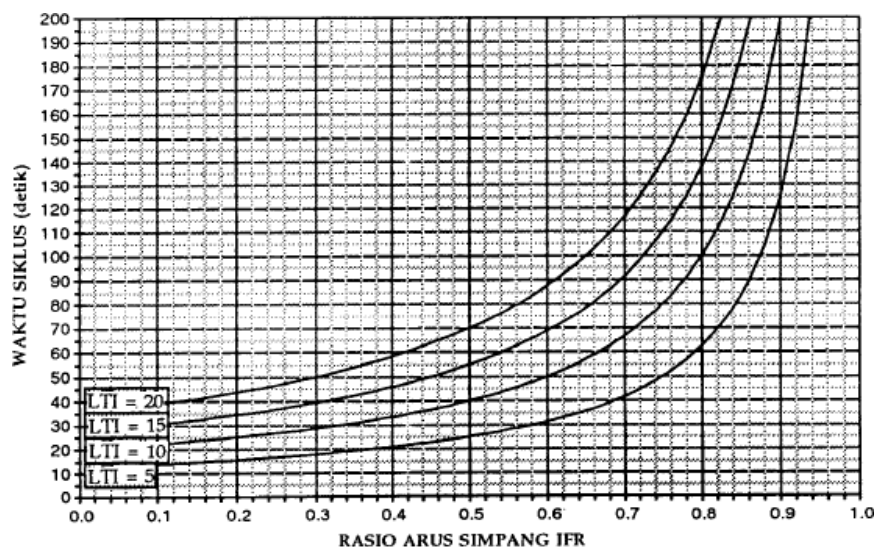
$$c_{ua} = (1,5 \times LTI + 5) / (1-IFR) \quad (3.9)$$

dengan:

c_{ua} = waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det), dan

LTI = waktu hilang total per siklus (det).

Waktu siklus sebelum penyesuaian juga dapat diperoleh dari grafik yang terdapat pada Gambar 3.11 berikut.



Gambar 3.11 Grafik Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Berdasarkan Gambar 3.11 dijelaskan bahwa dalam menentukan waktu siklus, hal yang perlu diperhitungkan yaitu rasio arus simpang (IFR) dan waktu hilang total per siklus (LTI). Jika alternatif fase sinyal dievaluasi, maka yang menghasilkan nilai terendah dari $(IFR + LTI/c)$ merupakan hasil yang paling efisien.

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997), terdapat waktu siklus yang disarankan untuk keadaan yang berbeda. Waktu siklus yang disarankan dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Waktu Siklus yang Disarankan

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus yang Layak (det)
Pengaturan dua fase	40 – 80
Pengaturan tiga fase	50 – 100
Pengaturan empat fase	80 – 130

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

Nilai waktu siklus yang lebih rendah dari yang disarankan digunakan untuk simpang dengan lebar jalan <10 m dan nilai yang lebih tinggi untuk jalan yang memiliki lebar >10 m. Waktu siklus yang lebih rendah dari yang disarankan akan mengakibatkan kesulitan bagi pejalan kaki dalam menyeberang jalan. Waktu siklus yang lebih besar dari 130 detik harus dihindari kecuali pada simpang yang sangat besar karena akan mengakibatkan kerugian dalam hal kapasitas keseluruhan. Jika dari hasil perhitungan menghasilkan waktu siklus yang jauh lebih tinggi dari waktu yang disarankan, menandakan bahwa kapasitas dari denah simpang tersebut tidak mencukupi.

3.6.2 Waktu Lampu hijau

Waktu hijau yang lebih rendah dari 10 detik harus dihindari karena dapat menyebabkan banyaknya pelanggaran lampu merah dan menyulitkan pejalan kaki untuk menyeberang jalan. Perhitungan waktu hijau dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.10 berikut.

$$g_i = (c_{ua} - LTI) \times PR_i \quad (3.10)$$

dengan:

- g_i = tampilan waktu hijau pada fase i (det),
- c_{ua} = waktu siklus sebelum penyesuaian (det),
- LTI = waktu hilang total per siklus (det), dan
- PR_i = rasio fase $FR_{crit} / \Sigma (FR_{crit})$.

3.6.3 Waktu siklus yang disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan (c) didasarkan pada jumlah waktu hijau yang diperoleh dari Persamaan 3.10 yang telah dibulatkan dan waktu hilang total (LTI). Perhitungan waktu siklus yang disesuaikan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.11 berikut.

$$C = \Sigma g + LTI \quad (3.11)$$

3.8 Kapasitas

Kapasitas adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat dilayani oleh suatu simpang per satuan waktu. Kapasitas simpang dinyatakan dalam smp/jam hijau. Kapasitas pada simpang dihitung berdasarkan tiap pendekat atau kelompok lajur dalam suatu pendekat. Kapasitas simpang dinyatakan dengan rumus pada Persamaan 3.12 berikut.

$$C = S \times g/c \quad (3.12)$$

dengan:

- C = kapasitas (smp/jam hijau),
- S = arus jenuh (smp/jam hijau),
- g = waktu hijau (detik), dan
- c = waktu siklus (detik).

3.9 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan merupakan rasio perbandingan antara volume kendaraan (Q) per kapasitas (C). Pada simpang bersinyal, derajat kejenuhan dihitung tiap pendekat yang ada. Derajat kejenuhan dinyatakan dengan rumus pada Persamaan 3.13 berikut.

$$DS = Q/C \quad (3.13)$$

dengan:

DS = derajat kejenuhan.

Q = Volume kendaraan

C = Kapasitas

3.9 Perilaku Lalu Lintas

Perilaku lalu lintas merupakan salah satu karakteristik dalam menentukan kinerja simpang bersinyal. Perilaku lalu lintas pada simpang bersinyal berupa panjang antrean, kendaraan terhenti, dan tundaan.

3.9.1 Panjang Antrean

Panjang antrean merupakan panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat ketika lampu merah. Dalam menentukan panjang antrean, perlu dihitung jumlah antrean kendaraan dalam suatu pendekat terlebih dahulu. Jumlah antrean total didapat dari penjumlahan antara jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ_1) dan jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ_2). Perhitungan jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ_1) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.14 dan Persamaan 3.15 berikut.

Untuk $DS > 0,5$

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times [(DS-1) + \sqrt{(DS-1)^2 + \frac{8 \times (DS-0,5)}{C}}] \quad (3.14)$$

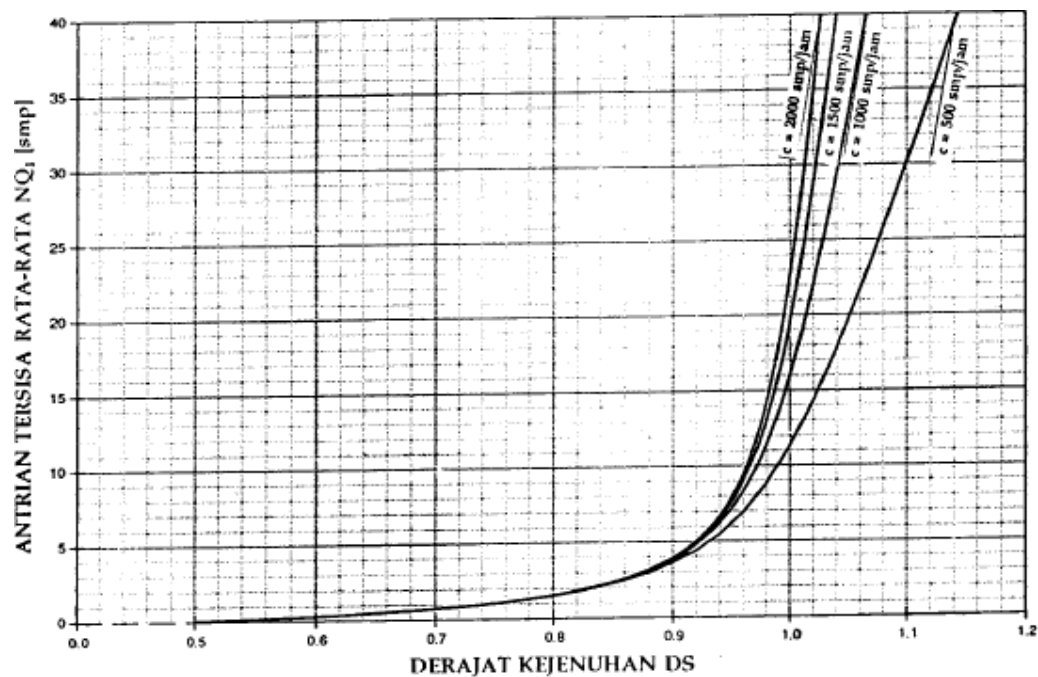
Untuk $DS < 0,5$

$$NQ_1 = 0 \quad (3.15)$$

dengan:

- NQ_1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya,
 DS = derajat kejenuhan,
 GR = rasio hijau, dan
 C = kapasitas (smp/jam).

Selain menggunakan Persamaan 3.14, perhitungan NQ_1 juga dapat ditentukan menggunakan grafik pada Gambar 3.12 berikut.



Gambar 3.12 Grafik Antrian Tersisa

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Perhitungan jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ_2) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.15 berikut.

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad (3.16)$$

dengan:

- NQ_2 = jumlah smp yang datang selama fase merah,
 DS = derajat kejenuhan,
 GR = rasio hijau,
 c = waktu siklus (det), dan
 Q_{masuk} = arus lalu lintas pada tempat masuk di luar LTOR (smp/jam).

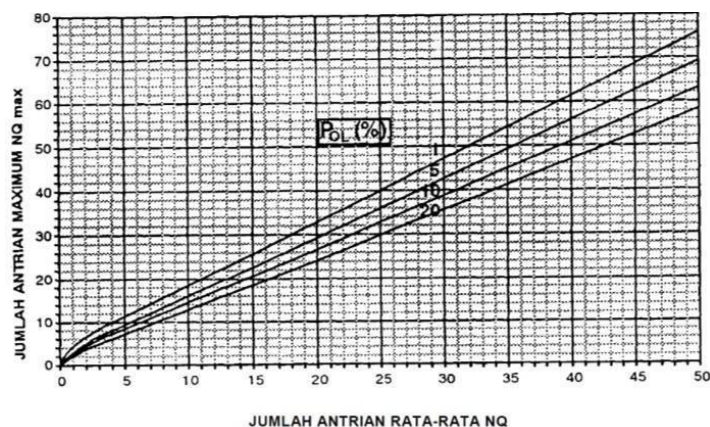
Dari perhitungan NQ_1 dan NQ_2 kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan nilai jumlah antrian total (NQ) yang terdapat pada Persamaan 3.16 berikut.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (3.17)$$

dengan:

NQ = jumlah antrean total.

Jumlah antrean maksimum (NQ_{MAX}) merupakan nilai jumlah antrean dengan adanya peluang yang diinginkan untuk terjadinya pembebanan lebih (P_{OL}). Pembebanan lebih (P_{OL}) yang disarankan untuk perancangan dan perencanaan yaitu $P_{OL} \leq 5\%$. Sedangkan untuk operasi suatu nilai, $P_{OL} = 5 - 10\%$ masih dapat diterima. Di bawah ini merupakan gambar grafik penentuan NQ_{MAX} yang terdapat pada Gambar 3.13 berikut.



Gambar 3.13 Peluang untuk Pembebanan Lebih (P_{OL})

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Panjang antrean (QL) didapat dengan mengalikan NQ_{MAX} dengan luas rata-rata yang digunakan per smp (20 m^2) kemudian dibagi dengan lebar masuknya. Perhitungan QL dapat dilihat pada Persamaan 3.18 berikut.

$$QL = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{MASUK}} \quad (3.18)$$

dengan:

QL = panjang antrean.

3.9.2 Kendaraan Terhenti

Angkat henti (NS) merupakan jumlah rata-rata berhenti per smp termasuk berhenti berulang-ulang dalam suatu antrean. Dalam menentukan angka henti, hal yang perlu diperhatikan yaitu jumlah antrean, arus lalu lintas, dan waktu siklus. Perhitungan angka henti dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.19 berikut.

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \quad (3.19)$$

dengan:

NS = angka henti,

c = waktu siklus (detik), dan

Q = arus lalu lintas (smp/jam).

Jumlah kendaraan terhenti (N_{SV}) tiap pendekat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.20 berikut.

$$N_{SV} = Q \times NS \text{ (smp/jam)} \quad (3.20)$$

Angka henti seluruh simpang didapat dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti seluruh pendekat pada simpang dengan arus total simpang. Perhitungan angka henti seluruh simpang (NS_{TOT}) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.21 berikut.

$$NS_{TOT} = \frac{\sum N_{SV}}{Q_{TOT}} \quad (3.21)$$

3.9.3 Tundaan

Tundaan (D) merupakan waktu tempuh tambahan yang dibutuhkan untuk melewati simpang jika dibandingkan dengan lintasan tanpa melewati suatu simpang. Tundaan terdiri dari dua jenis yaitu tundaan lalu lintas rata-rata tiap pendekat (DT) dan tundaan geometri (DG). Perhitungan DT dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.22 berikut.

$$DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \quad (3.22)$$

dengan:

DT = tundaan lalu lintas rata-rata (det/smp),

c = waktu siklus yang disesuaikan (det),

$$A = \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)},$$

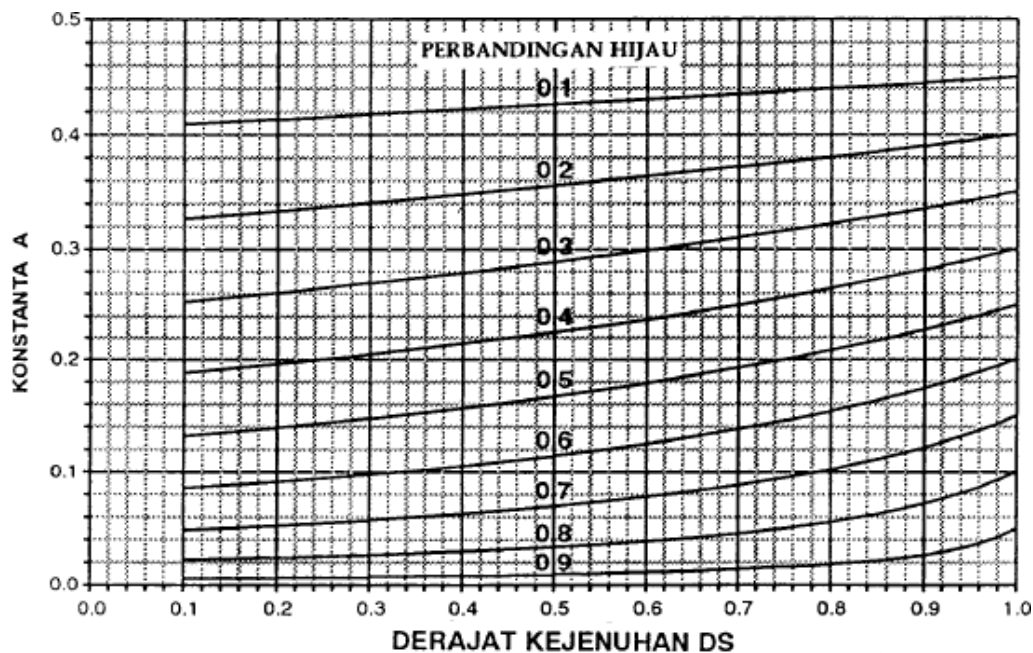
GR = rasio hijau (g/c),

DS = derajat kejenuhan,

NQ₁ = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya, dan

C = kapasitas (smp/jam).

Nilai A pada Persamaan 3.22 merupakan fungsi dari perbandingan antara rasio hijau dengan derajat kejenuhan. Untuk menentukan nilai konstanta A juga dapat diketahui menggunakan grafik pada Gambar 3.8 berikut.



Gambar 3.8 Penentuan Konstanta A

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Tundaan geometri (DG) merupakan tundaan yang terjadi akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran hijau pada suatu simpang dan/atau ketika dihentikan oleh lampu merah pada tiap pendekat. Pada pendekat dengan belok kiri langsung (LTOR), nilai tundaan geometrik gerakan lalu lintas ditentukan sebesar 6 detik. Nilai tundaan geometri rata-rata masing-masing pendekat (DG_j) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.23 berikut.

$$DG_j = (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 + (P_{SV} \times 4) \quad (3.23)$$

dengan:

DG_j = tundaan geometri rata-rata untuk pendekat j (det/smp),

P_{SV} = rasio kendaraan terhenti pada pendekat, dan

P_T = rasio kendaraan berbelok pada pendekat.

Tundaan (D) merupakan penjumlahan antara tundaan lalu lintas rata-rata tiap pendekat (DT) dan tundaan geometri (DG) seperti pada Persamaan 3.24 berikut.

$$D = DT + DG \quad (3.24)$$

Tundaan rata-rata seluruh simpang (D_I) merupakan perbandingan nilai tundaan dengan arus total (Q_{TOT}) dalam satuan smp/jam seperti pada Persamaan 3.25 berikut.

$$D_I = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{TOT}} \quad (3.25)$$

3.10 Tingkat Pelayanan Simpang

Menurut *Highway Capacity Manual* (2016), tingkat pelayanan adalah pengelompokan kuantitatif dari hasil pengukuran atau pengukuran kinerja yang menunjukkan kualitas pelayanan. *Highway Capacity Manual* (HCM) mendefinisikan enam tingkat pelayanan, mulai dari A hingga F untuk setiap ukuran tingkat pelayanan. Tingkat pelayanan A menunjukkan kondisi terbaik dan tingkat pelayanan F menunjukkan kondisi terburuk. Berdasarkan biaya, dampak lingkungan, dan alasan lainnya, biasanya jalan raya dirancang untuk tidak memberikan kondisi tingkat pelayanan A selama periode puncak tetapi sebaliknya untuk memberikan beberapa tingkat pelayanan yang lebih rendah. Namun demikian, pada volume lalu lintas yang rendah dapat memiliki tingkat pelayanan A. Tingkat pelayanan pada simpang dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.6 Tingkat Pelayanan Pada Simpang Bersinyal

Tundaan (detik/kendaraan)	Tingkat Pelayanan	
	$DS \leq 1$	$DS > 1$
≤ 10	A	F
>10-20	B	F
>20-35	C	F
>35-55	D	F
>55-80	E	F
>80	F	F

Sumber: *Highway Capacity Manual* (2016)

Berdasarkan Tabel 3.6, tingkat pelayanan A, menunjukkan bahwa nilai tundaan kurang dari 10 detik/kendaraan dan derajat kejenuhannya tidak lebih besar dari 1. Pada kondisi tersebut nilai derajat kejenuhan dan waktu siklusnya rendah. Tingkat pelayanan tersebut memberikan hasil yang baik di mana sebagian besar kendaraan selama indikasi hijau dan melintasi persimpangan tanpa berhenti.

Tingkat pelayanan B menunjukkan bahwa waktu tundaan sebesar 10-20 detik/kendaraan dan derajat kejenuhannya kurang dari 1. Tingkat pelayanan tersebut ditentukan ketika nilai derajat kejenuhan dan waktu siklusnya rendah sehingga lebih banyak kendaraan yang berhenti dibandingkan dengan tingkat pelayanan A.

Tingkat pelayanan C menunjukkan bahwa waktu tundaan sebesar 20-35 detik/kendaraan dan derajat kejenuhan kurang dari 1. Tingkat pelayanan tersebut berada pada kondisi di mana waktu siklusnya sedang. Pada kondisi tersebut terdapat kendaraan dalam antrean yang tidak dapat berangkat karena kapasitas yang tidak mencukupi selama waktu siklus. Pada tingkat pelayanan tersebut jumlah kendaraan yang berhenti meningkat meskipun masih banyak kendaraan yang melintas melalui persimpangan tanpa berhenti.

Tingkat pelayanan D menunjukkan bahwa waktu tundaan sebesar 35-55 detik/kendaraan dan derajat kejenuhan kurang dari 1. Tingkat pelayanan tersebut berada pada kondisi di mana derajat kejenuhannya tinggi dan waktu siklusnya panjang. Tingkat pelayanan tersebut terdapat banyak kendaraan yang berhenti dan waktu siklus tidak dapat melayani jumlah kendaraan yang melintas.

Tingkat pelayanan E menunjukkan bahwa waktu tundaan sebesar 55-80 detik/kendaraan dan derajat kejenuhan kurang dari 1. Tingkat pelayanan tersebut berada pada kondisi di mana derajat kejenuhannya tinggi, pergerakan kendaraan terhambat, dan waktu siklusnya panjang. Kondisi tersebut mengakibatkan kegagalan siklus individu sering terjadi.

Tingkat pelayanan F menunjukkan bahwa waktu tundaan lebih dari 80 detik/kendaraan atau derajat kejenuhannya lebih dari 1. Tingkat pelayanan tersebut memiliki derajat kejenuhan yang tinggi, pergerakan yang buruk, dan waktu siklus

yang panjang. Kondisi tersebut mengakibatkan sebagian besar waktu siklus tidak dapat menghapus antrean yang ada.

3.11 Pemodelan Lalu Lintas dengan *Software VISSIM*

VISSIM adalah perangkat lunak multi moda lalu lintas mikroskopis yang dapat menganalisis operasi kendaraan pribadi dan angkutan umum dengan permasalahan seperti konfigurasi jalur, komposisi kendaraan, sinyal lalu lintas, dan lain-lain (PTV-AG, 2011). VISSIM dapat melakukan simulasi untuk lalu lintas mikroskopik, transportasi umum, dan pejalan kaki. *Software* tersebut digunakan untuk mengkalibrasi kondisi lalu lintas, sehingga berguna untuk mengevaluasi berbagai macam alternatif rekayasa transportasi dan tingkat perencanaan yang efektif.

Dalam melakukan pemodelan lalu lintas menggunakan *software VISSIM*, perlu diketahui data-data yang sudah diperoleh melalui survei lapangan dan sumber referensi lainnya. Primadhona dkk. (2019) menjelaskan bahwa dalam proses *running* dilakukan sebanyak 5 kali. Adapun tahapan pemodelan lalu lintas dengan *software VISSIM* adalah sebagai berikut.

1. *Network Setting*

Network setting merupakan pengaturan awal dalam pemodelan VISSIM. Tahapan ini mengatur perilaku lalu lintas yang disesuaikan dengan negara tempat penelitian berada. Indonesia merupakan negara yang menerapkan sistem berkendara menggunakan jalur kiri sehingga perlu dilakukan pengaturan pada *software* tersebut. Selain itu dilakukan perubahan satuan sesuai satuan yang berlaku di Indonesia.

2. *Input Background Images*

Background Images merupakan gambar peta jaringan jalan yang digunakan dalam melakukan pemodelan. Dalam pemodelan VISSIM, perlu dimasukkan *Background Images* sesuai dengan peta lokasi penelitian yang didapat dari *Google Earth* atau *Google Maps*. Adapun tahapan dalam pengaturan *Background Images* adalah sebagai berikut.

a. Klik menu *Background Images* pada *Network Object*.

b. Klik kanan pada jendela *Network Editor*

c. Pilih *Add New Background Images*

d. Pilih gambar jaringan jalan yang ingin dimasukkan.

Setelah dilakukan *input Background Image* kemudian dilakukan pengaturan skala antara gambar yang didapat dari *Google Earth* dengan kondisi asli di lapangan. Pada *software VISSIM* dipilih *set scale* pada gambar yang telah dimasukkan dengan cara menarik garis yang menjadi acuan pengukuran kemudian masukkan ukuran asli di lapangan.

3. Jaringan Jalan

Dalam *software VISSIM*, pengendalian jaringan jalan terdiri dari dua jenis sebagai berikut.

a. *Link*

Link merupakan jaringan jalan dalam pemodelan menggunakan *VISSIM* yang menggambarkan jalur lalu lintas. Dalam pemodelan *VISSIM*, *link* merupakan dasar dari suatu jaringan jalan. Pembuatan *link* dengan cara klik menu *Link* pada *Network Object*, pada bagian *Network Editor Area* tekan tombol *ctrl* pada *keyboard* dan klik kanan *mouse* secara bersamaan. Tarik sesuai dengan panjang *link* yang diinginkan. Kemudian dimasukkan nama *link*, jumlah lajur, lebar lajur, dan tipe kendaraan yang dapat melewati link kemudian klik OK.

b. *Connector*

Connector merupakan penghubung jaringan jalan atau *link* yang telah dibuat sebelumnya. Pembuatan *connector* dilakukan dengan cara klik *link* yang akan diberi *connector* kemudian tekan tombol *ctrl* pada *keyboard* dan klik kanan pada *mouse* secara bersamaan. Kemudian tarik dan arahkan arahkan pada *link* yang diinginkan.

4. *2D/3D Models*

2D/3D Models merupakan fitur yang berfungsi untuk memasukkan jenis kendaraan yang diinginkan serta model animasi 3D. Jenis kendaraan yang dimasukkan ke dalam fitur tersebut disesuaikan dengan jenis kendaraan yang terdapat di lapangan. Dalam pengaturan tersebut, berbagai jenis kendaraan lain

sudah tersedia secara *default*. Jenis kendaraan yang tidak sesuai dengan data di lapangan dapat dihapus dan dipilih jenis kendaraan yang sesuai. Adapun tahapan dalam pengaturan 2D/3D *Models* adalah sebagai berikut.

- a. Klik menu Base Data kemudian pilih 2D/3D *Models*
- b. Pilih jenis kendaraan yang diinginkan dengan cara klik kanan kemudian pilih *Add*.
- c. Pilih folder *Vehicles*, pilih kendaraan yang akan dimunculkan kemudian pilih OK

5. 2D/3D *Model Distributions*

2D/3D *Model Distributions* merupakan pengelompokan setiap jenis kendaraan yang terdapat dalam 2D/3D *Model*. Pengelompokan tersebut dimasukkan ke dalam satu kategori sehingga memudahkan dalam proses pengaturan selanjutnya. Berbagai jenis kendaraan yang terdapat dalam 2D/3D *Model* dapat dikategorikan sesuai dengan pengukuran di lapangan seperti *motorcycle* (MC), *light vehicle* (LV), dan *heavy vehicle* (HV). Adapun tahapan dalam pengaturan 2D/3D *Model Distributions* adalah sebagai berikut.

- a. Klik *Base Data* kemudian klik *Distributions*, lalu pilih 2D/3D *Model*
- b. Klik kanan lalu pilih *Add*, kemudian atur kendaraan yang dimasukkan.
- c. Arahkan kursor ke jendela sebelah kanan kemudian atur model 2D/3D sesuai dengan jenis kendaraan yang dimasukkan.

6. *Vehicle Types*

Vehicle Types berfungsi untuk menggabungkan karakteristik mengemudi teknis kendaraan yang termasuk ke dalam 2D/3D *Model Distributions*. Dalam pengaturan ini, data yang diatur harus disesuaikan dengan jenis kategori yang terdapat pada 2D/3D *Model Distributions*. Data yang diatur dalam pengaturan ini berupa akselerasi dan deselerasi kendaraan.

7. *Vehicle Classes*

Vehicle Classes berfungsi untuk menggabungkan jenis kendaraan yang didasarkan atas *Vehicle Types*.

8. *Desired Speed Distributions*

Desired Speed Distributions merupakan distribusi kecepatan setiap kendaraan yang diatur dengan frekuensi kumulatif kecepatan. Dalam melakukan pengaturan, variabel yang dimasukkan ke dalam pengaturan yaitu persentase frekuensi kumulatif dan nilai tengah dari interval kecepatan.

9. *Vehicle Routes*

Vehicle Routes berfungsi untuk membuat pergerakan kendaraan menuju jalur lainnya. Dalam pengaturan ini digunakan tipe *Static*.

10. *Vehicle Composition*

Vehicle composition merupakan pengaturan komposisi jenis kendaraan dan kecepatannya ketika jam puncak. Kecepatan kendaraan diperoleh dari hasil survei di lapangan. Pengaturan *Vehicle Composition* dilakukan dengan cara pilih *Traffic* pada *Menu Bar* kemudian pilih *Vehicle Composition*. Kemudian masukkan jenis komposisi kendaraan dan diatur kecepatan sesuai hasil survei di lapangan.

11. *Vehicle Input*

Vehicle input digunakan untuk memasukkan volume lalu lintas. Data yang dibutuhkan yaitu data volume kendaraan ketika jam puncak. *Pengaturan vehicle input* dilakukan dengan cara klik menu *Vehicle Input* pada *Network Object*. Kemudian pilih *link* yang akan dimasukkan volumenya. Selanjutnya klik kanan dan dipilih *Add New Vehicle Input* untuk dimasukkan volume kendaraan jam puncak.

12. *Signal Controller*

Signal Controller berfungsi untuk mengatur lampu lalu lintas pada suatu persimpangan menggunakan *software VISSIM*. Pengaturan *Signal Controller* dilakukan dengan cara pilih *Signal Control* pada *Menu Bar* kemudian dipilih *Signal Controllers*. Kemudian dipilih *Add* pada *Signal Group* kemudian dimasukkan nama *Signal Controller* yang diinginkan. Selanjutnya pada *Signal Groups* diilih *New* kemudian diedit untuk diberi nama sinyal lalu dipilih urutan sinyal yang diinginkan dan dimasukkan waktu durasi lampu merah, *all red*, hijau, dan kuning. Pembuatan *Signal Group* dilakukan untuk tiap fase simpang.

Setelah dipilih *Signal Program* untuk memunculkan waktu siklus dalam bentuk diagram fase. Untuk memasukkan *Signal Controllers* yang sudah dibuat ke jaringan jalan, dapat dilakukan dengan pilih *Signal Head*. Kemudian dipilih lengan jalan yang akan dibuat *Signal Controllers* sesuai dengan lokasi yang ada di lapangan.

13. *Queue Counters*

Queue Counter berfungsi untuk membaca data antrean dan volume lalu lintas yang digunakan dalam pembacaan data panjang antrean. Dalam pembacaan data, queue counters ditempatkan pada tiap jalur yang mendekati simpang.

14. *Data Collection Point*

Data Collection Point berfungsi untuk membaca volume kendaraan yang melewati link atau jalur pada titik yang telah ditentukan.

15. *Nodes*

Nodes berfungsi sebagai tempat pembacaan data yang terletak di simpang.

16. *Data Collection Measurements*

Data Collection Measurements merupakan

17. *Driving Behavior*

Driving Behavior atau perilaku pengemudi merupakan parameter yang mempengaruhi kondisi antar kendaraan. *Driving behavior* harus disesuaikan dengan kondisi asli di lapangan agar simulasi yang dibuat pada *software VISSIM* dapat mewakilinya. Apabila hasil pemodelan berbeda dengan kondisi di lapangan maka perlu dilakukan kalibrasi agar sesuai dengan hasil data yang ada di lapangan.

18. *Evaluation*

Evaluation merupakan tahap akhir dalam pemodelan menggunakan VISSIM. Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap pemodelan yang telah dibuat. Adapun hasil pemodelan terdiri sebagai berikut.

a. *Data Collection Points*

Data Collection Points berfungsi untuk mengetahui hasil volume kendaraan yang melewati jalan pada titik yang telah ditentukan. Hasil tersebut dapat

digunakan untuk validasi hasil pemodelan VISSIM. Pengaturan *Data Collection Points* dapat diatur pada bagian *Network Object*.

b. Vehicle Time Travel

Vehicle Time Travel berfungsi untuk menghitung kecepatan perjalanan kendaraan dengan jarak yang telah ditentukan. Hasil tersebut juga dapat digunakan untuk mengetahui tundaan (*delay*) kendaraan. Pengaturan *Vehicle Time Travel* dapat diatur pada bagian *Network Object*.

c. Queue Counters

Queue Counters berfungsi untuk menghitung panjang antrean kendaraan pada suatu jalur. Pengaturan *Queue Counters* dapat diatur pada bagian *Network Object*.

3.12 Validasi Data

Validasi adalah pengujian suatu data sehingga data yang diperoleh merupakan data yang valid. Dalam melakukan validasi, data yang dibandingkan yaitu volume lalu lintas dan panjang antrean yang didapat dari hasil survei dengan data hasil analisis menggunakan MKJI 1997 dan pemodelan VISSIM.

3.12.1 Uji GEH

Proses validasi data menggunakan metode statistik Geoffrey E. Havers (GEH). Rumus GEH yang dikembangkan oleh Geoffrey E. Havers pada tahun 1970-an digunakan untuk menilai kecocokan model simulasi lalu lintas. Rumus GEH merupakan metode statistik chi-kuadrat yang dimodifikasi untuk menghitung perbedaan data relatif dan absolut (Speirs, 2006). Perhitungan Rumus GEH dapat dilihat pada Persamaan 3.26 berikut.

$$GEH = \sqrt{\frac{(q_{simulated} - q_{observed})^2}{0,5 \times (q_{simulated} + q_{observed})}} \quad (3.26)$$

dengan:

$q_{simulated}$ = data volume lalu lintas(kendaraan/jam) yang didapat dari hasil pemodelan VISSIM, dan

$q_{observed}$ = data volume lalu lintas (kendaraan/jam) yang didapat dari hasil survei lapangan.

Validasi menggunakan rumus GEH memiliki ketentuan yang dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.7 Kesimpulan Hasil Rumus GEH

Nilai GEH	Keterangan
$GEH < 5$	Hasil Diterima
$5 \leq GEH \leq 10$	Kemungkinan kesalahan pemodelan atau data buruk
$GEH > 10$	Hasil Ditolak

3.12.2 Uji MAPE

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) merupakan rata-rata perbedaan absolut yang terdapat pada nilai prediksi dan nilai sebenarnya yang dinyatakan dalam persentase hasil perbedaan tersebut. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) digunakan pada evaluasi dari hasil prediksi yang dapat melihat tingkat akurasi terhadap angka peramalan dan angka realisasi (Nabillah dan Ranggadara, 2020). Adapun rumus MAPE dapat dilihat pada Persamaan 3.27 berikut.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|y_t - \hat{y}_t|}{\hat{y}_t} \times 100 \quad (3.27)$$

Nilai hasil uji *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang berbeda memiliki kesimpulan yang terdapat pada Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.8 Kesimpulan Uji MAPE

MAPE	Kesimpulan
< 10 %	Hasil prediksi sangat akurat
10 – 20 %	Hasil prediksi baik
20 – 50 %	Hasil prediksi layak
> 50 %	Hasil prediksi tidak akurat

3.13 Prediksi Volume Lalu Lintas Mendatang

Dalam menentukan prediksi volume lalu lintas mendatang, terdapat beberapa cara salah satunya dengan metode pertumbuhan. Menurut Adioetomo, S.M. dan Samosir, O.B. (2010), metode ini menggambarkan penambahan terjadi secara sedikit-sedikit sepanjang tahun. Dalam menentukan pertumbuhan, perlu diketahui rasio pertumbuhan tiap tahun. Adapun rumus rasio pertumbuhan dapat dilihat pada Persamaan 3.28 berikut.

$$r = \frac{1}{t} \ln \left(\frac{P_t}{P_0} \right) \quad (3.28)$$

Adapun rumus jumlah kendaraan pada tahun tertentu dapat dilihat pada Persamaan 3.29 berikut.

$$P_t = P_0 e^{rt} \quad (3.29)$$

dengan:

r = rasio pertumbuhan,

P_t = jumlah kendaraan pada tahun t ,

P_0 = jumlah kendaraan pada tahun dasar,

t = periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (tahun), dan

e = bilangan pokok dari sistem logaritma natural (ln).

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada Simpang Monjali Sleman yang menghubungkan Jalan Padjajaran, Jalan Tentara Palagan Pelajar, dan Jalan Nyi Tjondrolukito dan Jalan Padjajaran. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar

1.1 berikut.



Gambar 4.1 Lokasi Simpang Monjali

(Sumber: *Google Earth*, 2023)

4.2 Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data penelitian yang diperoleh secara langsung melalui hasil observasi atau survei di lapangan. Data sekunder merupakan data penelitian yang diperoleh secara tidak langsung dan dapat diperoleh melalui buku atau perangkat lainnya. Data penelitian dalam Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Data Penelitian

Data Primer	Data Sekunder
<ol style="list-style-type: none"> 1. Volume lalu lintas 2. Waktu siklus simpang 3. Data geometri simpang 4. Kecepatan kendaraan 5. Data <i>driving behavior</i> 6. Data panjang antrean 7. Data hambatan samping 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Denah lokasi Simpang Monjali, Kabupaten Sleman 2. Jumlah Kependudukan Kabupaten Sleman

4.2 Metode Pengambilan Data

Pengambilan data bertujuan untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan dalam penyusunan Tugas Akhir sehingga dapat dilakukan analisis data. Dalam penelitian ini, data-data yang dibutuhkan yaitu data primer dan data sekunder. Dalam penelitian ini, data primer diperoleh secara langsung melalui survei dan pengamatan di lapangan. Sedangkan data sekunder diperoleh melalui *software Google Earth* dan Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman. Data-data yang diperoleh di lapangan adalah sebagai berikut.

1. Survei Volume Lalu Lintas

Survei volume lalu lintas menggunakan kamera yang diletakkan di tiap pendekat. Kamera berfungsi untuk merekam kendaraan yang melintas dari suatu pendekat menuju arah tujuannya. Penggunaan kamera ketika survei dapat meminimalisir *human error* ketika pengambilan data sehingga data yang dihasilkan dari survei volume lalu lintas dapat sesuai dengan keadaan di lapangan. Perhitungan volume kendaraan dibedakan berdasarkan tipe kendaraan dengan ketentuan sebagai berikut.

a. Sepeda motor (MC)

Sepeda motor merupakan kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda.

b. Kendaraan ringan (LV)

Kendaraan ringan merupakan kendaraan bermotor yang memiliki as dua dengan empat roda seperti mobil penumpang, mobil barang, dan truk kecil.

c. Kendaraan berat (HV)

Kendaraan berat merupakan kendaraan bermotor yang memiliki lebih dari empat roda seperti bus, truk dua as, truk tiga as, dan truk kombinasi.

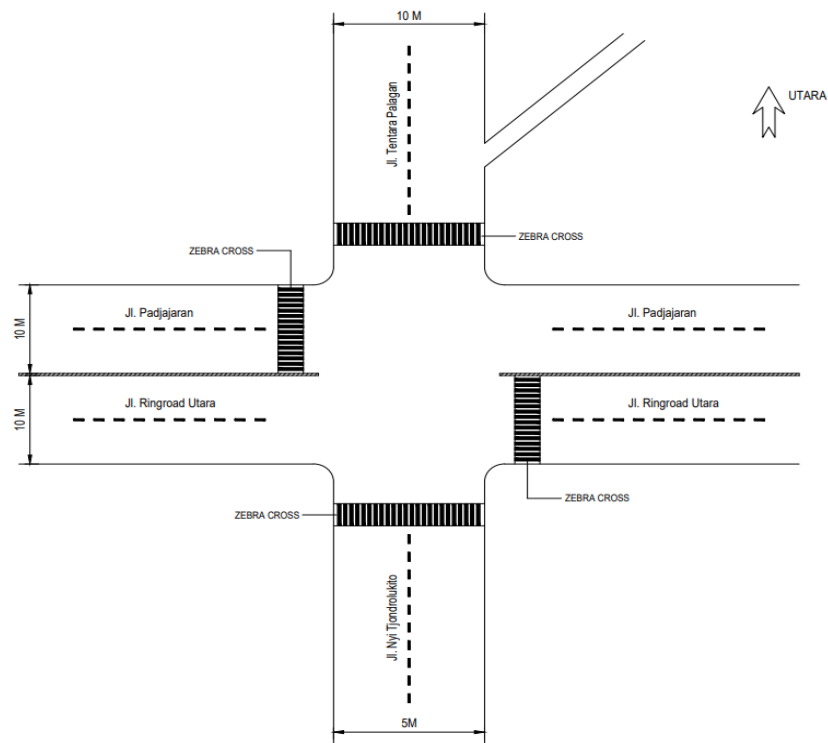
Dalam survei volume lalu lintas perlu membagi kendaraan berdasarkan arus yang dituju dengan pembagian sebagai berikut.

a. Arus kendaraan lurus (ST)

b. Arus kendaraan belok kiri (LT) atau belok kiri langsung (LTOR)

c. Arus kendaraan belok kanan (RT)

Hasil dari rekaman kamera kemudian direkapitulasi berdasarkan jenis kendaraan dan arah yang dituju tiap pendekatan untuk mengetahui jumlah kendaraan yang melintas pada persimpangan. Dalam perhitungannya, dibagi menjadi interval waktu tiap 15 menit karena dianggap masih memiliki ketelitian dan karakteristik yang sama sesuai kondisi di lapangan. Adapun penempatan lokasi kamera pada survei volume lalu lintas dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Lokasi Pengamatan Survei Volume Lalu Lintas

Keterangan:

- 1 = lokasi kamera 1,
- 2 = lokasi kamera 2,
- 3 = lokasi kamera 3,
- 4 = lokasi kamera 4.

2. Waktu Siklus Simpang

Waktu siklus simpang diperoleh dengan pengamatan langsung di lapangan. Surveyor yang bertugas pada tiap pendekatan mencatat waktu APILL baik lampu merah, kuning, hijau, dan merah semua. Data waktu sinyal dari tiap pendekatan nantinya digabung sehingga diketahui waktu siklus pada simpang bersinyal. Pengambilan data waktu siklus simpang dilakukan tiap sesi yaitu pagi, siang, dan sore.

3. Geometri Simpang

Survei geometri simpang bertujuan untuk mengetahui kondisi geometrik pada suatu simpang. Survei tersebut dilakukan menggunakan alat ukur yaitu *walking measure* dan pengamatan secara visual di lapangan. Hasil pengukuran di lapangan yaitu data lebar jalur. Sedangkan berdasarkan pengamatan visual, data yang diperoleh yaitu tipe simpang, tipe pendekatan, jumlah jalur dan lajur, dan ada atau tidaknya median.

4. Kecepatan Kendaraan

Kecepatan kendaraan diperoleh melalui pengamatan secara langsung di lapangan. Pengamatan dilaksanakan pada tiap pendekatan dengan jarak yang sudah ditentukan. Survei kecepatan kendaraan bertujuan untuk memodelkan simpang menggunakan *software VISSIM*. Pada *software VISSIM*, survei kecepatan digunakan untuk memodelkan kecepatan kendaraan ketika menuju simpang. Lokasi survei berada pada tiap pendekatan dengan jarak 50 m dari panjang antrean terakhir. Hal tersebut dikarenakan kecepatan kendaraan tidak terganggu oleh panjang antrean. Prosedur pelaksanaan survei kecepatan kendaraan yaitu dengan cara menghitung waktu kendaraan dengan jarak yang sudah ditentukan yaitu 20 m. Setelah itu dihitung kecepatan kendaraan dengan cara jarak dibagi waktu tempuh kendaraan. Dalam pengambilan data kecepatan kendaraan, jumlah sampel data yang digunakan sebanyak 30 kendaraan untuk tiap jenis kendaraan

pada tiap pendekatan. Agung (2006) menyatakan bahwa teorema limit sentral dapat diterapkan untuk ukuran sampel minimal 30. Hal tersebut menjadi dasar dalam pengambilan sampel data dalam survei yang dilakukan. Pengambilan data kecepatan kendaraan dilakukan tiap sesi yaitu pagi, siang, dan sore. Adapun lokasi surveyor pada survei kecepatan kendaraan dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Lokasi Survei Kecepatan Kendaraan

(Sumber: Google Maps, 2023)

5. Data *Driving Behavior*

Data *driving behavior* merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk memodelkan simpang pada *software* VISSIM. *Driving behavior* atau perilaku.

6. Data Panjang Antrean

Data panjang antrean digunakan untuk memvalidasi hasil analisis berdasarkan MKJI 1997 dan pemodelan VISSIM. Pengukuran panjang antrean dilakukan pada tiap pendekat. Sebelum dilakukan pengukuran, tiap pendekat diberi jarak tiap 20 m sehingga memudahkan pengukuran panjang antrean. Pengukuran panjang antrean didasarkan pada panjang antrean terakhir sebelum APILL pada pendekat berwarna hijau. Pengambilan data panjang antrean dilakukan selama survei volume lalu lintas berlangsung.

7. Data Hambatan Samping

Data hambatan samping digunakan untuk penentuan tipe hambatan samping dalam perhitungan MKJI 1997. Pengambilan data hambatan samping dilakukan secara kualitatif dengan mempertimbangkan kondisi di lapangan. Adapun pengambilan data tersebut dilakukan pada tiap pendekat dikarenakan tiap pendekat memiliki karakteristik hambatan samping yang berbeda.

4.2.1 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam pengambilan data di lapangan adalah sebagai berikut.

1. Alat tulis
2. *Stopwatch*
3. Formulir survei
4. *Walking measure*
5. *Handphone*
6. Kamera
7. *Handy talky*

4.2.2 Waktu Pelaksanaan Survei

Penentuan hari pelaksanaan survei didasarkan pada penelitian Putro (2016) yang berada pada Jalan Padjajaran. Survei pengambilan data lalu lintas penelitian pada ini dilakukan selama dua hari dengan ketentuan satu hari kerja (*weekday*) yaitu hari Senin dan satu hari libur (*weekend*) yaitu hari Sabtu. Pengambilan data

dilaksanakan selama 3 sesi yaitu sesi pagi, siang dan sore dengan rincian sebagai berikut.

1. Waktu pagi : 06.00 – 09.00 WIB
2. Waktu siang : 11.00 – 13.00 WIB
3. Waktu sore : 15.00 – 18.00 WIB

Dinas Perhubungan Daerah Istimewa Yogyakarta (2021) menyatakan bahwa pelaksanaan survei dilakukan 3 sesi yaitu sesi pagi, siang, dan sore untuk mengetahui jam puncak volume kendaraan. Hal tersebut menjadi dasar dalam menentukan jam pelaksanaan survei dengan mempertimbangkan rentang waktu mewakili jam padat dan lengang selama 24 jam dalam seminggu selama satu tahun.

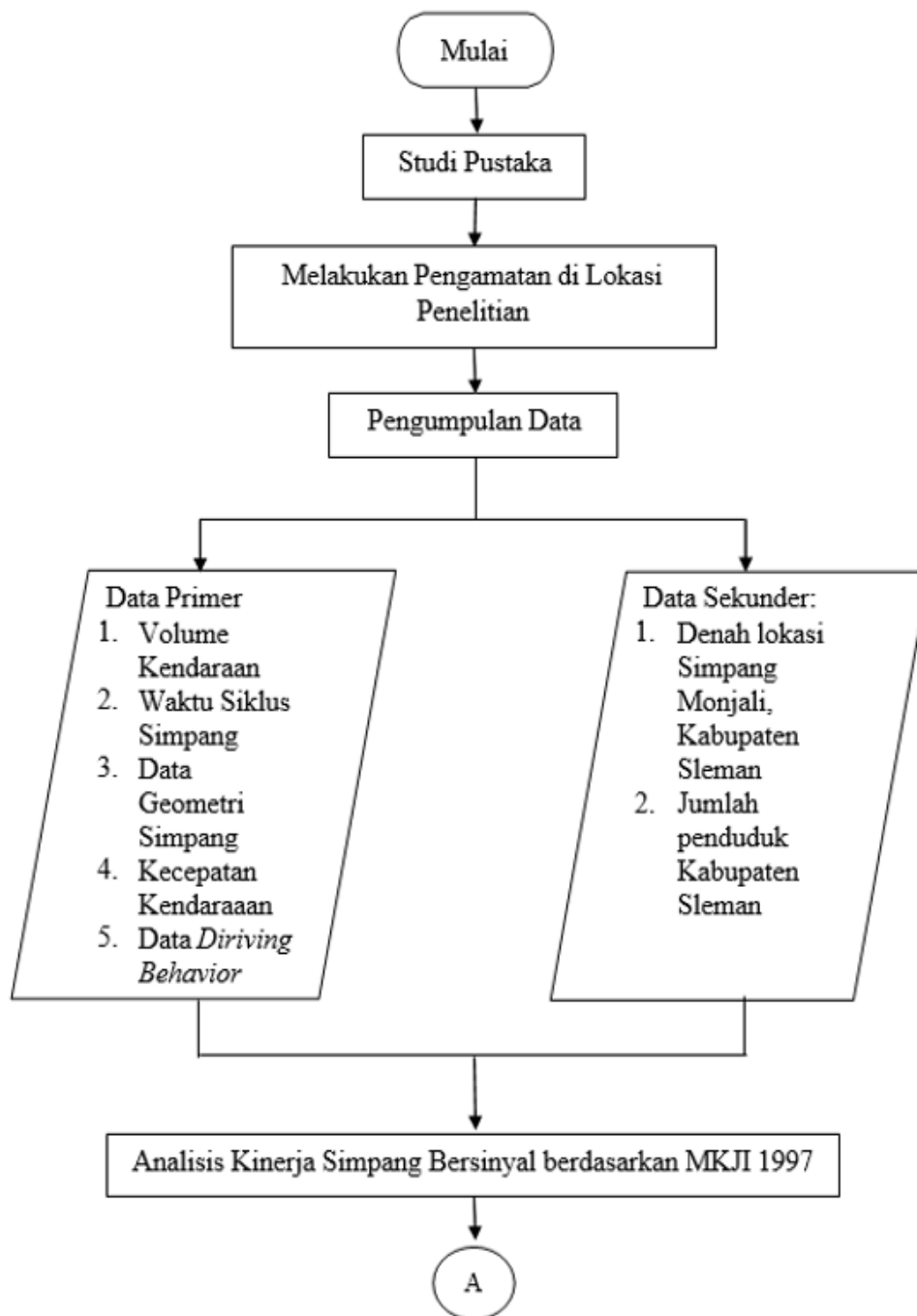
4.3 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode MKJI 1997 dengan bantuan *software Microsoft Excel* dan VISSIM. Data pada penelitian ini diperoleh dari pengamatan secara langsung di lapangan dan melalui data dari beberapa sumber. Data yang sudah diperoleh kemudian dilakukan analisis berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) menggunakan *software Microsoft Excel*. Hasil dari analisis menggunakan MKJI 1997 berupa kinerja pelayanan simpang pada kondisi eksisting.

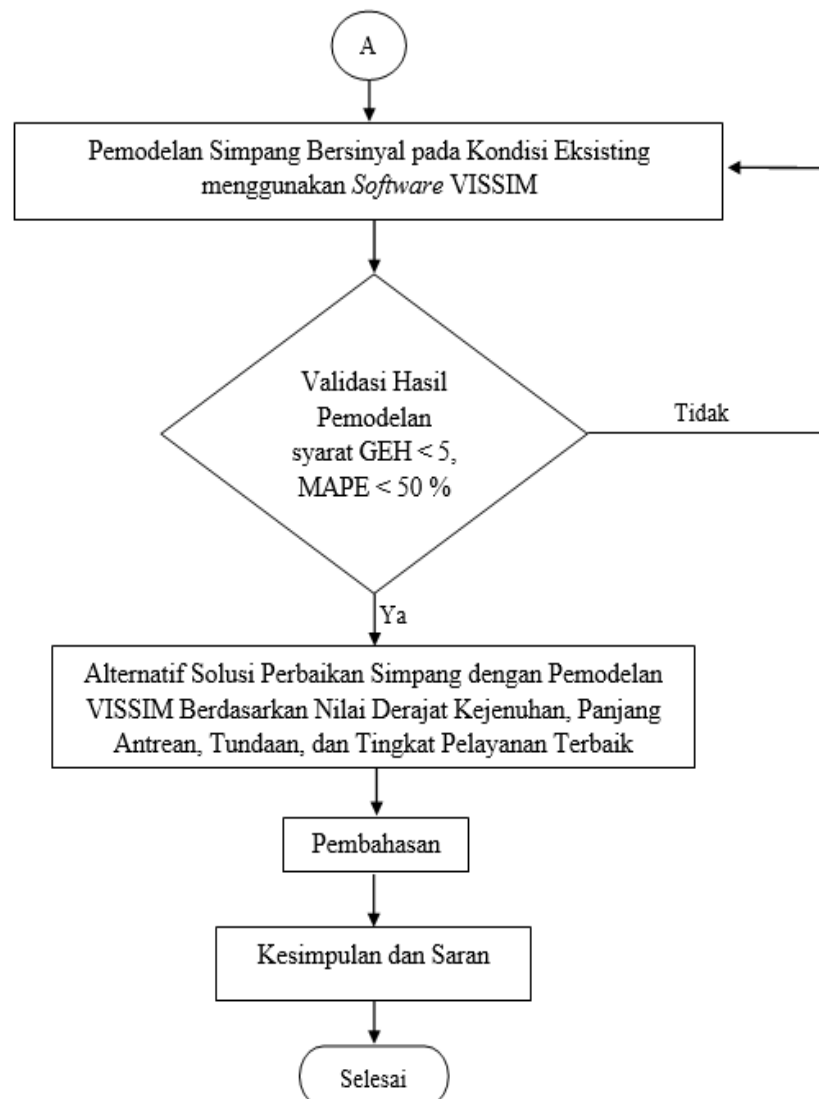
Setelah diketahui kinerja simpang pada kondisi eksisting, kemudian dicari beberapa alternatif solusi penanganan agar kinerja simpang dapat lebih optimal. Alternatif solusi yang dilakukan berupa perubahan pewaktuan sinyal. Dalam menentukan alternatif solusi, digunakan *software VISSIM* dalam pemodelannya untuk mengetahui kinerja pelayanan simpang. Hasil alternatif solusi dibandingkan dengan kondisi eksisting sehingga diketahui alternatif yang paling efektif pada Simpang Monjali.

4.4 Bagan Alir Penelitian

Pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dapat dilihat di bagan alir yang terdapat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.5 Bagan Alir Penelitian

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Hasil Pengamatan

Data hasil pengamatan digunakan dalam melakukan analisis data. Data tersebut diperoleh secara langsung melalui survei di lapangan. Data dari hasil pengamatan yang diperoleh yaitu data volume lalu lintas, waktu siklus simpang, geometrik simpang, kecepatan kendaraan, *driving behavior*, dan panjang antrean. Data yang diperoleh digunakan untuk perhitungan analisis berdasarkan MKJI 1997 dan dengan permodelan dengan menggunakan *software* VISSIM.

5.1.1 Data Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas didapatkan dari survei dilakukan selama 8 jam per hari yang dilakukan pada 1 hari kerja dan 1 hari libur. Penentuan hari pelaksanaan survei didasarkan pada penelitian terdahulu yang terletak pada Jalan Padjajaran di mana pelaksanaan survei pada hari Senin dan Sabtu. Periode pelaksanaan survei dibagi menjadi 3 periode, yaitu periode pagi pada jam 06.00-09.00 WIB, periode siang pada jam 11.00 – 13.00 WIB, dan periode sore pada jam 15.00 – 18.00 WIB. Data yang diperoleh memiliki satuan kendaraan per jam sehingga perlu dikonversi menjadi satuan smp/jam. Di bawah ini merupakan data volume lalu lintas Simpang Monjali yang dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

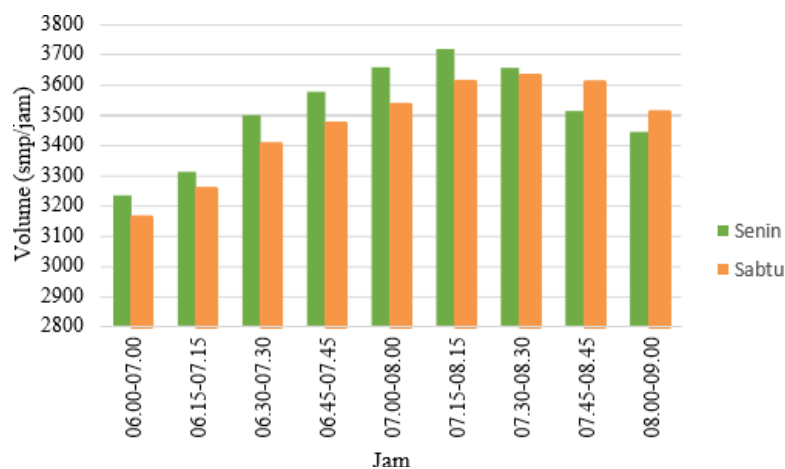
Tabel 5.1 Volume Lalu Lintas Simpang Monjali

Periode	Waktu (WIB)	Volume Lalu Lintas (smp/jam)	
		Senin, 13 Februari 2023	Sabtu, 19 Februari 2023
Pagi	06.00 - 07.00	3261,3	3128,3
	06.15 - 07.15	3410,3	3293,2
	06.30 - 07.30	3628,3	3503,2
	06.45 - 07.45	3755,2	3561,7
	07.00 - 08.00	3848,1	3705,7

Lanjutan Tabel 5.1 Volume Lalu Lintas Simpang Monjali

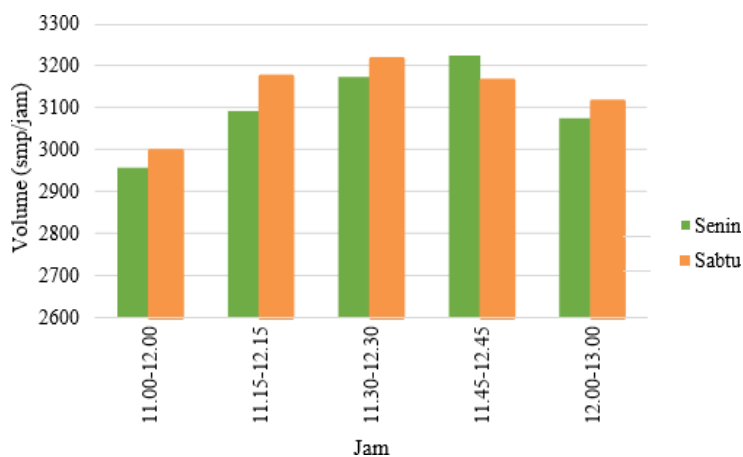
Periode	Waktu (WIB)	Volume Lalu Lintas (smp/jam)	
		Senin, 13 Februari 2023	Sabtu, 19 Februari 2023
Pagi	07.15 - 08.15	3690,8	3238,3
	07.30 - 08.30	3732,1	3625,4
	07.45 - 08.45	3620,2	3503,2
	08.00 - 09.00	3760,6	3577,4
Siang	11.00 - 12.00	3230,1	3227,3
	11.15 - 12.15	3204,4	3123,8
	11.30 - 12.30	3244,4	3237,1
	11.45 - 12.45	3280,5	3166,9
	12.00 - 13.00	3180,5	3213,6
Sore	15.00 - 16.00	3479,5	3355,4
	15.15 - 16.15	3559,2	3479,4
	15.30 - 16.30	3653,9	3533,2
	15.45 - 16.45	3718,4	3564,5
	16.00 - 17.00	3730,2	3625,2
	16.15 - 17.15	3638,3	3644,6
	16.30 - 17.30	3664,4	3421,4
	16.45 - 17.45	3498,3	3612,7
	17.00 - 18.00	3369,1	3533,5
	Kecepatan Rata-Rata	3672,7	3505,2
		3589,0	

Dari Tabel 5.1 di atas, didapatkan volume lalu lintas Simpang Monjali pada periode jam puncak terjadi pada hari Senin jam 16.00 – 17.00 WIB dengan jumlah 3730,2 smp/jam. Dan untuk rata-rata yang didapatkan dari volume lalu lintas oada hari senin sebesar 3672,7 dan untuk hari sabtu didapatkan sebesar 3505,2. kemudian didapatkan rata-rata sebesar 3589,0. Untuk memudahkan pembacaan volume lalu lintas jam puncak, berikut disajikan histogram mengenai yang dibagi tiap periode pagi, siang, dan sore. Histogram volume lalu lintas periode pagi pada hari Senin dan Sabtu dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.



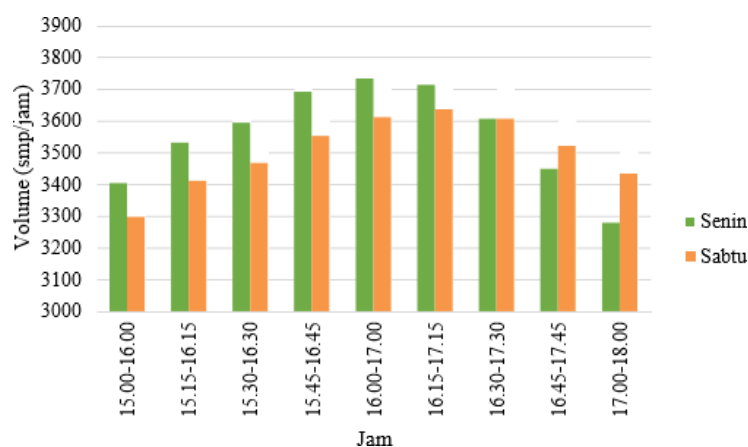
Gambar 5.1 Histogram Volume Lalu Lintas Pagi

Berdasarkan Gambar 5.1, diperoleh volume puncak periode pagi pada hari Senin sebesar 3732,1 smp/jam dan hari Sabtu sebesar 3625,4 smp/jam. Adapun histogram volume lalu lintas periode siang pada hari Senin dan Sabtu dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5.2 Histogram Volume Lalu Lintas Periode Siang

Berdasarkan Gambar 5.2, diperoleh volume puncak periode siang pada hari Senin sebesar 3280,5 smp/jam dan hari Sabtu sebesar 3237,3 smp/jam. Adapun histogram volume lalu lintas periode sore pada hari Senin dan Sabtu dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Histogram Volume Lalu Lintas Periode Sore

Berdasarkan Gambar 5.3, diperoleh volume puncak periode sore pada hari Senin sebesar 3730,2 smp/jam dan hari Sabtu sebesar 3625,3 smp/jam. Maka didapatkan data tertinggi pada hari Senin sebesar 3730,2 smp/jam dan kemudian didapatkan data tertinggi pada hari Sabtu sebesar 3644,6 smp/jam. Hasil tersebut didapatkan dilokasi survei dengan bantuan Microsoft excel.

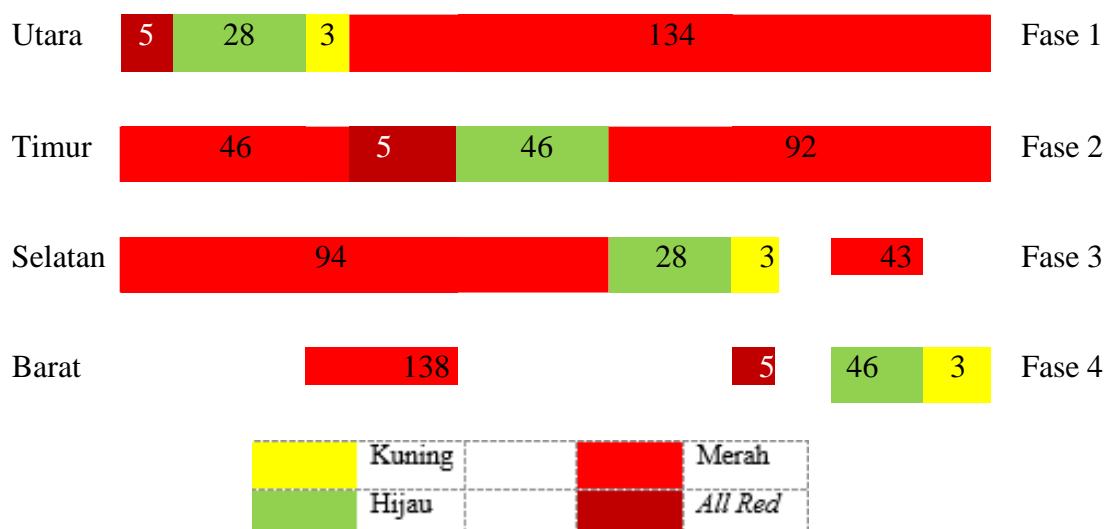
5.1.2 Data Waktu Siklus Simpang

Data waktu siklus simpang pada Simpang Monjali diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan, kemudia dilakukan dengan cara mencatat lama waktu hijau, kuning, merah, dan *all red* pada APILL tiap lengannya. Data waktu siklus yang ada digunakan untuk mengetahui kondisi simpang pada kondisi eksisting. Adapun pembagian waktu tiap lengannya dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Pembagian Waktu Sinyal Simpang Monjali

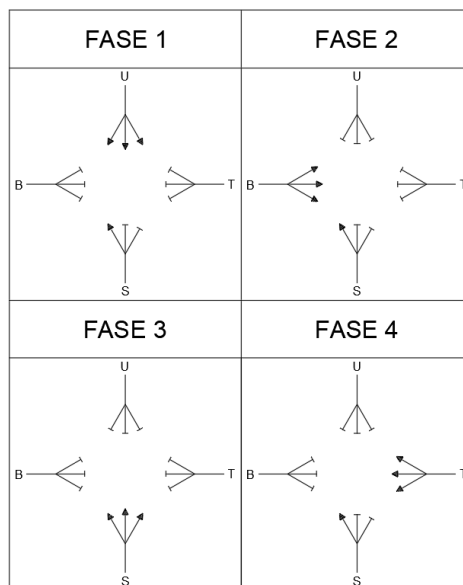
Pendekat	Hijau (detik)	Kuning (detik)	All Red (detik)	Merah (detik)	Waktu Siklus (detik)
Jalan Tentara Pelajar (Utara)	28	3	5	134	174
Jalan Padjajaran (Barat)	46	3	5	132	174
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	28	3	5	137	174
Jalan Padjajaran (Timur)	46	3	5	138	174

Berdasarkan Tabel 5.2, waktu hijau pada Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 46 detik, Jalan Tentara Pelajar sebesar 28 detik, Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 46 detik, dan Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 28 detik. Waktu kuning sebesar 3 detik dan *all red* sebesar 5 detik untuk tiap pendekat sedangkan waktu siklus simpang sebesar 174 detik. Adapun pembagian waktu siklus berupa diagram waktusiklus Simpang Monjali pada kondisi eksisting dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5.4 Diagram Waktu Siklus Simpang Monjali Kondisi Eksisting

Pengamatan yang dilakukan juga mengamati fase yang terdapat pada Simpang Monjali. Fase pada simpang tersebut memiliki empat fase dengan pembagian fase seperti pada Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5.5 Pembagian Fase Simpang Monjali Kondisi Eksisting

Bedasarkan Gambar 5.5, fase pertama yaitu APILL pada pendekatan Utara bernyala hijau sedangkan pendekatan lainnya bernyala merah. Fase 2 yaitu APILL pada pendekatan Barat bernyala hijau sedangkan pendekatan lainnya bernyala merah. Fase 3 yaitu APILL pada pendekatan selatan bernyala hijau sedangkan pendekatan lainnya bernyala merah. Fase 4 yaitu APILL pada pendekatan Barat bernyala hijau sedangkan pendekatan lainnya bernyala merah. Pada pendekatan Selatan memiliki LTOR sehingga kendaraan yang belok kiri tidak terpengaruh nyala APILL tiap fase.

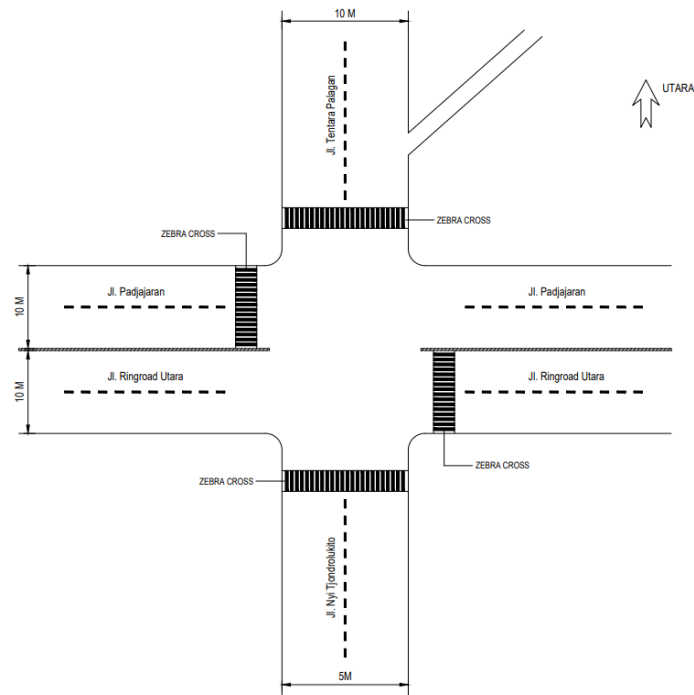
5.1.3 Data Geometri Simpang

Data geometri simpang merupakan data yang berisi tentang kondisi simpang yang diperoleh melalui pengamatan di lapangan. Data geometri simpang digunakan untuk melakukan analisis dan pemodelan menggunakan VISSIM. Adapun data geometri Simpang Deggong dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Data Geometri Simpang Monjali

Pendekat	Tipe Jalur	Median	Belok Kiri Langsung	Lebar Pendekat Masuk (m)	Lebar Pendekat Keluar (m)
Jalan Tentara Pelajar (Utara)	2/2 D	Tidak	Ya	5	5
Jalan Padjajaran (Barat)	6/2 D	Ya	Ya	11	10
Jalan Nyi Tjondro lukito (Selatan)	2/2 D	Tidak	Ya	5	5
Jalan Padjajaran (Timur)	6/2 D	Ya	Ya	10	10

Berdasarkan Tabel 5.3, diketahui lebar pendekat masuk pada Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 15 m, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 5 m, Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 11 m, dan Jalan Tentara Pelajar (Utara) sebesar 5 m. Adapun sketsa geometri Simpang Monjali dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.6 Geometri Simpang Monjali

5.1.4 Data Kecepatan Kendaraan

Data kecepatan kendaraan merupakan data yang diperoleh langsung dari lapangan. Pelaksanaan survei kecepatan kendaraan dilakukan pada tiap pendekatan ketika kendaraan menuju simpang. Data kecepatan kendaraan diperoleh dengan pengamatan secara langsung oleh surveyor dengan alat bantu *stopwatch* yang digunakan untuk menghitung waktu kendaraan yang melintasi jarak yang telah ditentukan diawal pada saat pelaksanaan survey di lokasi lapangan. Rekapitulasi data kecepatan konstan dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Data Kecepatan Kendaraan

Lengan	MC		LV		HV	
	Minimal (km/jam)	Maksimal (km/jam)	Minimal (km/jam)	Maksimal (km/jam)	Minimal (km/jam)	Maksimal (km/jam)
Utara	23,3	55,8	25,5	58,8	19,1	50,1
Barat	29,0	75,6	43,5	60,7	19,4	53,2
Selatan	27,1	56,5	25,0	45,3	23,3	30,0
Timur	26,5	68,5	26,1	61,2	30,3	48,3

Data kecepatan kendaraan yang digunakan dalam pemodelan program VISSIM adalah kecepatan maksimum dan minimum dari masing-masing jenis kendaraan (MC, LV, dan HV). Hal ini dibutuhkan untuk ke tahap permodelan yaitu menggunakan aplikasi VISSIM.

5.1.1 Data *Driving Behavior*

Data *driving behavior* yang diperoleh berdasarkan pengukuran di lapangan digunakan sebagai parameter yang terdapat pada pemodelan VISSIM. Data yang diperoleh merupakan hasil pengukuran tiap jenis kendaraan yang berada pada tiap pendekatan. Adapun data *driving behavior* terdapat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Data *Driving Behavior*

Jumlah Sampel	Depan Belakang Kendaraan Berhenti (m)	Berdampingan Kendaraan Berhenti (m)	Depan Belakang Kendaraan Berjalan (m)	Berdampingan Kendaraan Berjalan (m)
1	0,3	0,3	0,6	0,5
2	0,5	0,3	0,6	0,5
3	0,5	0,5	0,9	0,4
4	0,9	0,5	0,3	0,5
5	1,1	0,5	0,5	0,6
6	1	0,5	0,6	0,7
7	0,5	0,3	0,4	0,3
8	0,3	0,3	0,4	0,2
9	0,6	0,5	0,8	0,5
10	0,6	0,6	0,7	0,6
11	1,1	0,5	1,2	0,8
12	0,8	0,3	1,1	1
13	0,3	0,2	0,3	0,2
14	0,5	0,5	0,3	0,3
15	0,6	0,3	0,2	0,3
16	0,4	0,5	1	0,2
17	0,9	1	1,5	0,7
18	1,1	0,5	1,7	0,6
19	0,3	0,3	0,6	0,3
20	0,3	0,3	0,5	0,3
21	0,2	0,3	0,8	0,5
22	0,4	0,5	0,6	0,4
23	0,9	0,9	1	0,8
24	1	0,5	1,1	0,7
25	0,5	0,3	0,6	0,3
26	0,3	0,5	1,1	0,5
27	1	0,6	0,3	0,6
28	0,3	0,5	0,3	0,2
29	0,5	0,5	0,2	0,5
30	1,2	0,7	0,8	0,6
Rata-Rata	0,64	0,47	0,70	0,49

Berdasarkan Tabel 5.5, jarak depan belakang ketika kendaraan berhenti sebesar 0,64 m, jarak berdampingan ketika kendaraan berhenti sebesar 0,47 m, jarak depan belakang ketika kendaraan berjalan sebesar 0,70 m, jarak berdampingan ketika kendaraan berjalan sebesar 0,49 m.

5.1.5 Panjang Antrean

Data panjang antrean digunakan untuk validasi hasil perhitungan berdasarkan MKJI 1997 dan pemodelan VISSIM. Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan, diperoleh data panjang antrean rata-rata pada jam puncak yang terdapat pada Tabel 5.6 berikut.

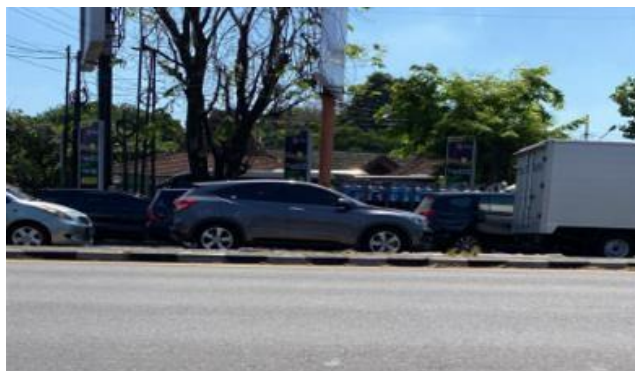
Tabel 5.6 Panjang Antrean Jam Puncak

Pendekat	Panjang Antrean Rata-Rata (m)
Jalan Tentara Palagan (Utara)	75,10
Jalan Padjajaran (Barat)	250,45
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	88,50
Jalan Padjajaran (Timur)	225,91

Berdasarkan Tabel 5.6, Data dan hasil pada saat dilakukannya survei di lapangan didapatkan panjang antrean rata-rata ketika jam puncak pada Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 250,45 m, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 88,50 m, Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 225,91 m, dan Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 75,10 m.

5.1.6 Hambatan Samping

Hambatan samping digunakan dalam menentukan tipe lingkungan jalan dan tingkat hambatan samping. Penentuan hambatan samping dilakukan secara kualitatif. Hasil pengamatan secara kualitatif ditampilkan dalam bentuk foto yang menggambarkan kondisi di lapangan pada tiap pendekat. Berikut merupakan gambar hambatan samping pendekat utara yaitu Jalan Padjajaran yang terdapat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Hambatan Samping Jalan Padjajaran (Barat)

Berdasarkan Gambar 5.7, tipe lingkungan pada Jalan Padjajaran (Barat) merupakan komersial. Tipe hambatan samping pada jalan tersebut yaitu tinggi dikarenakan daerah komersil dengan aktivitas sisi jalan tinggi.

Adapun gambar hambatan samping pendekat barat yaitu Jalan Tentara Pelajar terdapat pada Gambar 5.8 berikut.



Gambar 5.8 Hambatan Samping Jalan Tentara Pelajar (Utara)

Berdasarkan Gambar 5.8, tipe lingkungan pada Jalan Padjajaran (Timur) merupakan komersial. Tipe hambatan samping pada jalan tersebut yaitu sedang dikarenakan terdapat beberapa toko di sisi jalan.

Adapun gambar hambatan samping pendekat selatan yaitu Jalan Padjajaran terdapat pada Gambar 5.9 berikut.



Gambar 5.9 Hambatan Samping Jalan Padjajaran (Timur)

Berdasarkan Gambar 5.9, tipe lingkungan pada Jalan Padjajaran (Timur) merupakan komersial. Tipe hambatan samping pada jalan tersebut yaitu tinggi dikarenakan daerah komersil dengan aktivitas sisi jalan tinggi.

Adapun gambar hambatan samping pendekat timur yaitu Jalan Nyi Tjondrolukito terdapat pada Gambar 5.10 berikut.

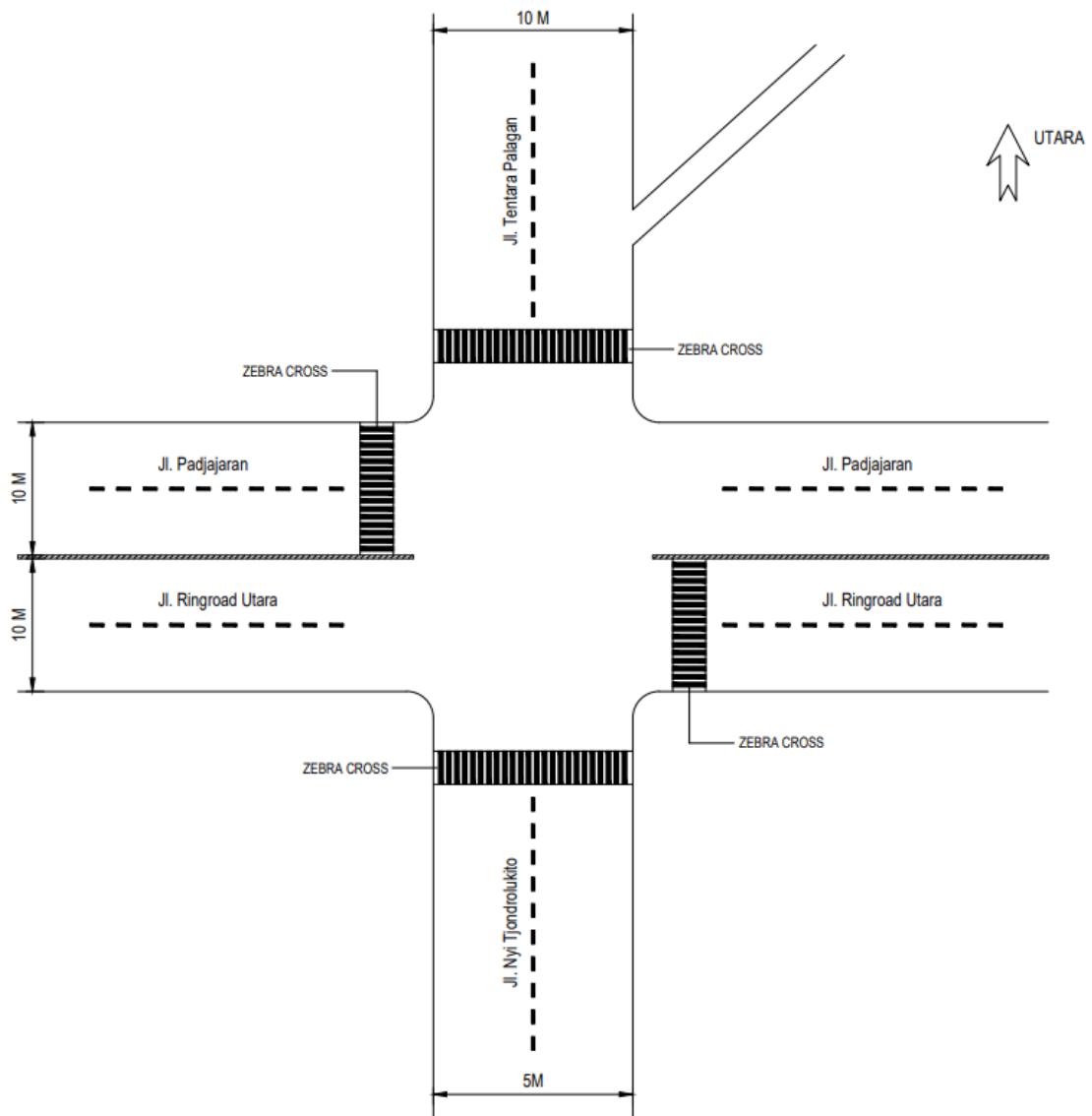


Gambar 5.10 Hambatan Samping Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)

Berdasarkan Gambar 5.10, tipe lingkungan pada Jalan Nyi tjondrolukito merupakan komersial. Tipe hambatan samping pada jalan tersebut yaitu tinggi dikarenakan daerah komersil dengan aktivitas sisi jalan tinggi.

5.2 Analisis Kinerja Simpang Monjali Berdasarkan MKJI 1997

Analisis kinerja simpang berdasarkan MKJI 1997 bertujuan untuk mengetahui nilai kapasitas, derajat kejenuhan, dan perilaku lalu lintas pada Simpang Monjali. Data volume kendaraan yang digunakan merupakan data volume ketika jam puncak selama satu jam. Adapun distribusi volume lalu lintas dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut.



Gambar 5.11 Distribusi Arus Lalu Lintas

Data kendaraan yang terdapat pada Gambar 5.11 masih dalam satuan kendaraan. Oleh sebab itu perlu dilakukan konversi ke dalam satuan mobil penumpang (smp). Adapun data volume lalu lintas yang sudah dikonversi ke dalam smp terdapat pada Tabel 5.7 sebagai berikut.

Tabel 5.7 Volume Lalu Lintas Jam Puncak

Arus Lalu Lintas	Arah	LV		HV		MC		Total Kendaraan Bermotor			UM (kend/jam)
		kend/jam	emp/1 smp/jam	Kend/jam	emp/1,3 smp/jam	kend/jam	emp/0,2 smp/jam	kend/jam	smp/jam	Rasio Belok	
Jalan Padjajaran (Barat)	LT	80	80	1	1.3	413	84.6	495	163.9	0.12	1
	ST	850	850	50	65	1380	238	1980	1051		
	RT	60	60	45	58.5	50	8.9	149	127.3	0.06	
	Total	890	890	96	124.8	1843	331,5	2623	1352.2		
Jalan Padjajaran (Timur)	LT	60	60	5	6.5	620	118.8	657	184.9	0.12	3
	ST	620	620	65	84.5	2230	435.6	2868	1141.1		
	RT	172	172	10	15	318	81.8	521	255.8	0.17	
	Total	852	852	80	104	3142	632.8	4046	1578.8		
Jumlah Jalan Utama		1742	1742	226	228.8	4690	980.2	6669	2930		4
Jalan Palagan Tentara (Utara)	LT	70	70	2	2.6	220	40	267	111.6	0,20	4
	ST	100	100	3	3.9	720	142.6	816	246.5		
	RT	65	65	5	6.5	650	134.2	741	205.7	0,35	
	Total	235	235	10	13	1590	315.8	1824	563.8		
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	LT	15	15	0	0	47	9.8	62	24.2	0,08	1
	ST	90	90	2	2.6	644	128.2	733	220.8		
	RT	120	120	3	3.9	280	60	383	175.9	0,30	
	Total	225	225	5	6.5	955	199.6	1178	421.1		
Jumlah Jalan Minor		460	460	15	19.5	1926	597.4	3002	984.9		5
TOTAL	LT	225	225	8	10.4	1247	24.4	1480	484.8	0,12	9
	ST	1560	1560	120	156	4717	943.4	6397	2659.4		
	RT	417	417	63	81.9	1314	262.8	1794	761.7	0,20	
	Total	2202	2202	191	248.3	5258	1445.6	8671	3906.0		
RASIO JALAN MINOR ρ_{MI}									0,352	Rasio ρ_{UM}	0,001

5.2.1 Perhitungan Arus Jenuh

Dalam menghitung arus jenuh, yang harus dilakukan sebelumnya yaitu menentukan arus jenuh dasar, faktor penyesuaian ukuran kota, penyesuaian hambatan samping, faktor penyesuaian kelandaian, faktor penyesuaian parkir, faktor penyesuaian belok kanan, faktor penyesuaian belok kanan, faktor penyesuaian belok kiri. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut.

1. Perhitungan Arus Jenuh Dasar

a. Pendekat Utara

$$\begin{aligned} S_0 &= 780 \times W_e \\ &= 780 \times 5 \end{aligned}$$

$$S_0 = 3900 \text{ smp/jam hijau}$$

b. Pendekat Barat

$$\begin{aligned} S_0 &= 780 \times W_e \\ &= 780 \times 15 \end{aligned}$$

$$S_0 = 8580 \text{ smp/jam hijau}$$

c. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} S_0 &= 780 \times W_e \\ &= 780 \times 6,3 \end{aligned}$$

$$S_0 = 4290 \text{ smp/jam hijau}$$

d. Pendekat Timur

$$\begin{aligned} S_0 &= 780 \times W_e \\ &= 780 \times 10 \end{aligned}$$

$$S_0 = 7800 \text{ smp/jam hijau}$$

2. Perhitungan Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Berdasarkan Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman (2022), jumlah penduduk Kabupaten Sleman tahun 2022 sebesar 1.332.125 jiwa. Berdasarkan Tabel 3.2, diperoleh faktor penyesuaian ukuran kota (F_{CS}) sebesar 1,00.

1. Perhitungan Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

a. Pendekat Utara

Simpang Monjali Pendekat Utara merupakan Jalan Tentara Palagan Pelajar. Adapun lingkungan jalan tersebut merupakan komersial dikarenakan terdapat toko

dan aktivitas ekonomi lainnya. Berdasarkan pengamatan secara kualitatif, hambatan samping yang berada pada jalan tersebut yaitu tinggi. Tipe fase pada Pendekat tersebut yaitu terlindung. Berdasarkan Tabel 5.7, rasio kendaraan tak bermotor sebesar 0.001. Berdasarkan Tabel 3.3, diperoleh nilai faktor hambatan samping sebesar 0.90.

b. Pendekat Barat

Simpang Monjali Pendekat barat merupakan Jalan Padjajaran. Adapun lingkungan jalan tersebut merupakan komersial dikarenakan terdapat toko dan aktivitas ekonomi lainnya. Berdasarkan pengamatan secara kualitatif, hambatan samping yang berada pada jalan tersebut yaitu sedang. Tipe fase pada Pendekat tersebut yaitu terlindung. Berdasarkan Tabel 5.7, rasio kendaraan tak bermotor sebesar 0,001. Berdasarkan Tabel 3.3, diperoleh nilai faktor hambatan samping sebesar 0.93.

c. Pendekat Selatan

Simpang Monjali Pendekat selatan merupakan Jalan Nyi Tjondrolukito. Adapun lingkungan jalan tersebut merupakan komersial dikarenakan terdapat toko dan aktivitas ekonomi lainnya. Berdasarkan pengamatan secara kualitatif, hambatan samping yang berada pada jalan tersebut yaitu tinggi. Tipe fase pada Pendekat tersebut yaitu terlindung. Berdasarkan Tabel 5.7, rasio kendaraan tak bermotor sebesar 0,001. Berdasarkan Tabel 3.3, diperoleh nilai faktor hambatan samping sebesar 0.92.

d. Pendekat Timur

Simpang Monjali Pendekat timur merupakan Jalan Padjajaran. Adapun lingkungan jalan tersebut merupakan komersial dikarenakan terdapat toko dan aktivitas ekonomi lainnya. Berdasarkan pengamatan secara kualitatif, hambatan samping yang berada pada jalan tersebut yaitu tinggi. Tipe fase pada Pendekat tersebut yaitu terlindung. Berdasarkan Tabel 5.7, rasio kendaraan tak bermotor sebesar 0,001. Berdasarkan Tabel 3.3, diperoleh nilai faktor hambatan samping sebesar 0.93.

3. Perhitungan Faktor Penyesuaian Kelandaian

Berdasarkan batasan masalah penelitian, pengaruh gradien diabaikan dalam penelitian ini. Kemiringan gradien dianggap 0 % sehingga faktor penyesuaian kelandaian untuk tiap pendekat yang terdapat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Faktor Penyesuaian Kelandaian

Pendekat	Faktor Penyesuaian
Jalan Padjajaran (Barat)	1
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	1
Jalan Padjajaran (Timur)	1
Jalan Palagan Tentara pelajar (Utara)	1

4. Perhitungan Faktor Penyesuaian Parkir

Berdasarkan pengamatan di lapangan, tidak ada kendaraan parkir di sepanjang pendekat menuju simpang sehingga faktor penyesuaian parkir sebesar 1 untuk semua pendekat.

5. Perhitungan Faktor Penyesuaian Belok Kanan

a. Pendekat Utara

Pendekat utara pada Simpang Monjali memiliki median sehingga faktor penyesuaian belok kanan pada Pendekat utara sebesar 1.

b. Pendekat Barat

Pendekat barat pada Simpang Monjali tidak ada median sehingga penentuan faktor penyesuaian belok kanan menggunakan Persamaan 3.4. Adapun perhitungan faktor penyesuaian belok kanan pada Pendekat barat adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 F_{RT} &= 1,0 + P_{RT} \times 0,26 \\
 &= 1,0 + 0,48 \times 0,26 \\
 &= 1,12
 \end{aligned}$$

c. Pendekat Selatan

Pendekat timur pada Simpang Monjali tidak memiliki median sehingga faktor penyesuaian belok kanan pada Pendekat utara sebesar 1.

d. Pendekat Timur

Pendekat timur pada Simpang Monjali memiliki median sehingga faktor penyesuaian belok kanan pada Pendekat utara sebesar 1.

6. Perhitungan Faktor Penyesuaian Belok Kiri

e. Pendekat Utara

$$\begin{aligned} F_{LT} &= 1,0 - P_{LT} \times 0,16 \\ &= 1,0 - 0,13 \times 0,16 \end{aligned}$$

$$F_{LT} = 0,98$$

f. Pendekat Barat

$$\begin{aligned} F_{LT} &= 1,0 - P_{LT} \times 0,16 \\ &= 1,0 - 0,03 \times 0,16 \end{aligned}$$

$$F_{LT} = 1,00$$

g. Pendekat Selatan

Pendekat selatan merupakan pendekat yang memiliki *left turn on right* (LTOR) sehingga faktor penyesuaian belok kiri pada Pendekat selatan sebesar 1.

h. Pendekat Timur

$$\begin{aligned} F_{LT} &= 1,0 - P_{LT} \times 0,16 \\ &= 1,0 - 0,17 \times 0,16 \end{aligned}$$

$$F_{LT} = 0,97$$

Berdasarkan perhitungan arus jenuh dasar dan faktor-faktor di atas, maka diperoleh nilai arus jenuh dengan menggunakan Persamaan 3.1 untuk tiap Pendekat sebagai berikut.

1. Pendekat Utara

$$\begin{aligned} S &= S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \\ &= 3900 \times 1 \times 0,93 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,98 \end{aligned}$$

$$S = 4027 \text{ smp/jam hijau}$$

2. Pendekat Barat

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

$$= 8580 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1,12 \times 1$$

$$S = 7824 \text{ smp/jam hijau}$$

3. Pendekat Selatan

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

$$= 3864 \times 1 \times 0,93 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1$$

$$S = 3990 \text{ smp/jam hijau}$$

4. Pendekat Timur

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

$$= 7800 \times 1 \times 0,93 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,97$$

$$S = 7254 \text{ smp/jam hijau}$$

Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil perhitungan dalam menentukan arus jenuh pada tiap pendekat yang terdapat pada Tabel 5.9.

Tabel 5. 9 Rekapitulasi Perhitungan Arus Jenuh

Parameter	Satuan	Pendekat			
		Jalan Padjajaran (Barat)	Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	Jalan Padjajaran (Timur)	Jalan Tentara Pelajara (Utara)
Arus (Q)	smp/jam	2672,4	586,2	1500,7	501,6
Lebar efektif (We)	m	11	5,0	10	5,0
Arus Jenuh Dasar (S ₀)	smp/jam hijau	8580	4290	7800	3900
Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F _{CS})	-	1	1	1	1
Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F _{SF})	-	0,95	0,93	0,93	0,93
Faktor Penyesuaian Kelandaian (F _G)	-	1	1	1	1
Faktor Penyesuaian Parkir (F _P)	-	1	1	1	1
Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F _{RT})	-	1	1,13	1	1
Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F _{LT})	-	0,98	1,00	1,00	0,97
Arus Jenuh (S)	smp/jam hijau	7824	3990	7025	3557

5.2.2 Perhitungan Kapasitas

Perhitungan kapasitas bertujuan untuk mengetahui arus lalu lintas maksimum yang dapat dilayani oleh suatu simpang per satuan waktu. Berikut ini merupakan perhitungan kapasitas untuk tiap pendekat.

1. Pendekat Utara

$$C = S \times \frac{g}{c}$$

$$= 4027 \times \frac{28}{174}$$

$$C = 645 \text{ smp/jam}$$

2. Pendekat Barat

$$C = S \times \frac{g}{c}$$

$$= 7824 \times \frac{46}{174}$$

$$C = 2069 \text{ smp/jam}$$

3. Pendekat Selatan

$$C = S \times \frac{g}{c}$$

$$= 3990 \times \frac{28}{174}$$

$$C = 642 \text{ smp/jam}$$

4. Pendekat Timur

$$C = S \times \frac{g}{c}$$

$$= 7254 \times \frac{46}{174}$$

$$C = 1918 \text{ smp/jam}$$

Berikut merupakan rekapitulasi hasil perhitungan kapasitas (C) tiap pendekat yang dapat dilihat pada Tabel 5.10 di bawah ini.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kapasitas

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)
Jalan Tentara Pelajar Palagan (Utara)	648
Jalan Padjajaran (Barat)	2069
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	642
Jalan Padjajaran (Timur)	1918

Berdasarkan Tabel 5.10, Jalan Padjajaran (Barat) memiliki kapasitas tertinggi sebesar 1410 smp/jam sedangkan Jalan Nyi Tjondrolukito (Utara) memiliki kapasitas terendah sebesar 642 smp/jam.

5.2.3 Derajat Kejenuhan

Perhitungan derajat kejenuhan untuk tiap pendekat menggunakan Persamaan

3.13. Adapun perhitungan derajat kejenuhan tiap pendekat adalah sebagai berikut.

1. Pendekat Utara

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{501,6}{648} \end{aligned}$$

$$DS = 0,77$$

2. Pendekat Barat

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{2672,4}{2069} \end{aligned}$$

$$DS = 1,00$$

3. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{586,2}{642} \end{aligned}$$

$$DS = 0,91$$

4. Pendekat Timur

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{1500,7}{1918} \end{aligned}$$

$$DS = 0,98$$

Berikut merupakan rekapitulasi hasil perhitungan derajat kejenuhan (DS) tiap pendekat yang dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5. 11 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Derajat Kejenuhan

Pendekat	Derajat Kejenuhan
Jalan Tentara Pelajar Palagan (Utara)	0,80
Jalan Padjajaran (Barat)	1,00
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	0,70
Jalan Padjajaran (Timur)	0,98

Berdasarkan Tabel 5.11, Jalan Padjajaran (Barat) memiliki derajat kejenuhan tertinggi sebesar 1,00 sedangkan Jalan Tentara Palagan (Utara) memiliki derajat kejenuhan terendah sebesar 0,80. Jalan Padjajaran (Timur) memiliki derajat kejenuhan 0,98 sehingga dikatakan jenuh pada pendekat tersebut. Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) yang memiliki nilai derajat kejenuhan sebesar 0,70. Sedangkan jalan Nyi Tjondrolukito yang memiliki derajat kejenuhan sebesar 0,70 sehingga dikatakan tidak jenuh.

5.2.4 Perhitungan Perilaku Lalu Lintas

Perhitungan perilaku lalu lintas bertujuan untuk mengetahui kinerja simpang bersinyal pada kondisi eksisting. Berdasarkan MKJI 1997, perilaku lalu lintas meliputi panjang antrian, kendaraan terhenti, dan tundaan. Adapun perhitungan perilaku lalu lintas adalah sebagai berikut.

1. Panjang Antrian

Dalam menentukan panjang antrian, perlu dilakukan perhitungan mengenai jumlah smp. Jumlah kendaraan dibagi menjadi dua yaitu jumlah smp yang tersisa dari fase sebelumnya (NQ1) dan jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ2). Hasil jumlah kendaraan (NQ) kemudian dimasukkan ke dalam Gambar 3.8. Perhitungan panjang antrian tiap pendekat adalah sebagai berikut.

a. Pendekat Utara

$$\begin{aligned} GR &= \frac{g}{c} \\ &= \frac{27}{174} \\ GR &= 0,16 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NQ_1 &= 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}} \right] \\
 &= 0,25 \times 625 \times \left[(0,80 - 1) + \sqrt{(0,80 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,80 - 0,5)}{625}} \right]
 \end{aligned}$$

$$NQ_1 = 0,19 \text{ smp}$$

$$\begin{aligned}
 NQ_2 &= c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \\
 &= 625 \times \frac{1 - 0,26}{1 - 0,26 \times 0,65} \times \frac{501,6}{3600}
 \end{aligned}$$

$$NQ_2 = 23,40 \text{ smp}$$

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

$$= 24,89 \text{ smp}$$

$$NQ_{\max} = 25 \text{ smp}$$

$$\begin{aligned}
 QL &= \frac{NQ_{\max} \times 20}{W_{\text{MASUK}}} \\
 &= \frac{25 \times 20}{5,0}
 \end{aligned}$$

$$QL = 99,78 \text{ m}$$

b. Pendekat Barat

$$\begin{aligned}
 GR &= \frac{g}{c} \\
 &= \frac{46}{174}
 \end{aligned}$$

$$GR = 0,26$$

$$\begin{aligned}
 NQ_1 &= 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}} \right] \\
 &= 0,25 \times 2069 \times \left[(0,81 - 1) + \sqrt{(1,00 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,81 - 0,5)}{2069}} \right]
 \end{aligned}$$

$$NQ_1 = 1,60 \text{ smp}$$

$$\begin{aligned}
 NQ_2 &= c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \\
 &= 174 \times \frac{1 - 0,16}{1 - 0,16 \times 0,97}
 \end{aligned}$$

$$NQ_2 = 75,62 \text{ smp}$$

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

$$= 87,72 \text{ smp}$$

$$NQ_{\max} = 108,10 \text{ smp}$$

$$\begin{aligned} QL &= \frac{NQ_{\max} \times 20}{W_{\text{MASUK}}} \\ &= \frac{108,30 \times 20}{11} \end{aligned}$$

$$QL = 196,50 \text{ m}$$

c. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} GR &= \frac{g}{c} \\ &= \frac{27}{174} \end{aligned}$$

$$GR = 0,16$$

$$\begin{aligned} NQ_1 &= 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \\ &= 0,25 \times 600 \times \left[(0,698 - 1) + \sqrt{(0,96 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,64 - 0,5)}{600}} \right] \end{aligned}$$

$$NQ_1 = 9,09 \text{ smp}$$

$$\begin{aligned} NQ_2 &= c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \\ &= 736 \times \frac{1 - 0,26}{1 - 0,26 \times 0,64} \times \frac{586,2}{3600} \end{aligned}$$

$$NQ_2 = 28,21 \text{ smp}$$

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

$$= 37,23 \text{ smp}$$

$$NQ_{\max} = 33,31 \text{ smp}$$

$$\begin{aligned} QL &= \frac{NQ_{\max} \times 20}{W_{\text{MASUK}}} \\ &= \frac{40,6 \times 20}{6,8} \end{aligned}$$

$$QL = 51,00 \text{ m}$$

d. Pendekat Timur

$$\begin{aligned} GR &= \frac{g}{c} \\ &= \frac{28}{176} \end{aligned}$$

$$GR = 0,26$$

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right]$$

$$= 0,25 \times 1918 \times [(0,78 - 1) + \sqrt{(0,98 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,78 - 0,5)}{1918}}]$$

$$NQ_1 = 1,29 \text{ smp}$$

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

$$= 174 \times \frac{1 - 0,16}{1 - 0,16 \times 0,98} \times \frac{1500,7}{3600}$$

$$NQ_2 = 68,21 \text{ smp}$$

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

$$= 68,56 \text{ smp}$$

$$NQ_{\max} = 95,989 \text{ smp}$$

$$QL = \frac{NQ_{\max} \times 20}{W_{\text{MASUK}}}$$

$$= \frac{120,36 \times 20}{8,2}$$

$$QL = 314,35 \text{ m}$$

2. Kendaraan Terhenti

a. Pendekat Utara

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$$

$$= 0,9 \times \frac{23,40}{501,6 \times 625} \times 3600$$

$$= 0,92$$

$$N_{sv} = Q \times NS$$

$$= 501,6 \times 0,92$$

$$= 463,50 \text{ smp/jam}$$

b. Pendekat Barat

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$$

$$= 0,9 \times \frac{77,22}{1672,4 \times 2069} \times 3600$$

$$= 0,86$$

$$N_{sv} = Q \times NS$$

$$= 1672,4 \times 0,86$$

$$= 1437,87 \text{ smp/jam}$$

c. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned}
 NS &= 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \\
 &= 0,9 \times \frac{37,21}{586,2 \times 600} \times 3600 \\
 &= 0,85
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{sv} &= Q \times NS \\
 &= 586,2 \times 0,85 \\
 &= 198,62 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

d. Pendekat Timur

$$\begin{aligned}
 NS &= 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \\
 &= 0,9 \times \frac{68,56}{1500,7 \times 600} \times 3600 \\
 &= 0,85
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{sv} &= Q \times NS \\
 &= 1500,7 \times 0,85 \\
 &= 1276,71 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

Angka henti seluruh simpang (NS_{TOT}) dihitung berdasarkan nilai kendaraan terhenti yang dilakukan dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti seluruh pendekat dengan volume kendaraan per jam. Adapun perhitungan angka henti seluruh simpang adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 NS_{TOT} &= \frac{\sum N_{sv}}{Q_{TOT}} \\
 &= 0,75
 \end{aligned}$$

Perhitungan tundaan terdiri dari dua perhitungan, yaitu tundaan untuk tiap pendekat dan tundaan seluruh simpang. Adapun perhitungan tundaan tiap pendekat adalah sebagai berikut.

a. Pendekat Utara

$$\begin{aligned} A &= \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - 0,16 \times 0,80)} \\ &= \frac{0,5 \times (1 - 0,16)^2}{(1 - 0,16 \times 0,80)} \\ &= 0,41 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DT &= c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \\ &= 174 \times 0,41 + \frac{0,90 \times 3600}{625} \\ &= 79,55 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DG_j &= (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 + (P_{SV} \times 4) \\ &= (1 - 0) \times 0,16 \times 6 + (0 \times 4) \\ &= 2,85 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= DT + DG \\ &= 79,55 + 2,85 \\ &= 58,40 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

b. Pendekat Barat

$$\begin{aligned} A &= \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)} \\ &= \frac{0,5 \times (1 - 0,16)^2}{(1 - 0,26 \times 1,00)} \\ &= 0,34 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DT &= c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \\ &= 176 \times 0,43 + \frac{5,09 \times 3600}{1410} \\ &= 62,65 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DG_j &= (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 + (P_{SV} \times 4) \\ &= (1 - 0) \times (0,51 \times 6) + (0 \times 4) \\ &= 1,30 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= DT + DG \\ &= 103,70 + 1,30 \\ &= 106,55 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

a. Pendekat Selatan

$$A = \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)}$$

$$= 0,5 \times (1 - 0,26)^2$$

$$A = 0,42$$

$$DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C}$$

$$= 176 \times 0,36 + \frac{7,03 \times 3600}{736}$$

$$= 56,22 \text{ det/smp}$$

$$DG_j = (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 + (P_{SV} \times 4)$$

$$= (1 - 0) \times 0,29 \times 6 + (0 \times 4)$$

$$= 1,66 \text{ det/smp}$$

$$D = DT + DG$$

$$= 56,22 + 1,66$$

$$= 57,88 \text{ det/smp}$$

b. Pendekat Timur

$$A = \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)}$$

$$= \frac{0,5 \times (1 - 0,16)^2}{(1 - 0,16 \times 0,98)}$$

$$= 0,34$$

$$DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C}$$

$$= 176 \times 0,44 + \frac{115,49 \times 3600}{1551}$$

$$= 348,80 \text{ det/smp}$$

$$DG_j = (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 + (P_{SV} \times 4)$$

$$= (1 - 0) \times 0,56 \times 6 + (0 \times 4)$$

$$= 3,38 \text{ det/smp}$$

$$D = DT + DG$$

$$= 348,80 + 3,38$$

$$= 252,18 \text{ det/smp}$$

Tundaan rata-rata seluruh simpang (D_I) dihitung untuk mengetahui perbandingan nilai tundaan dengan arus total. Adapun perhitungan tundaan seluruh simpang (D_I) pada Simpang Monjali adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 D_I &= \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{TOT}} \\
 &= \frac{(421,1 \times 55,42) + (1578,8 \times 106,55) + (563,8 \times 57,88) + (1342,2 \times 252,18)}{3891} \\
 &= 91,93 \text{ det/smp.}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, Simpang Monjali memiliki nilai tundaan sebesar 91,93 det/smp. Menurut *Highway Capacity Manual* (2016), nilai tundaan simpang tersebut termasuk simpang dengan tingkat pelayanan F. Hal tersebut mengakibatkan tingkat pelayanan simpang yang kurang optimal. Untuk meningkatkan tingkat pelayanan, perlu dilakukan alternatif solusi agar simpang tersebut dapat lebih optimal sehingga kinerja di simpang menjadi lebih baik.

Dalam kapasitas suatu jalan raya, sangat diperlukan sekali keterangkanketerangan tentang keadaan jalan yaitu:

1. Faktor jalan , yaitu keterangan mengenai bentuk fisik jalan, seperti lebar jalur, kebebasan lateral, bahu jalan pada median atau tidak, kondisi permukaan jalan, alinyemen jalan, kelandaian, trotoar, dan lain – lain.
2. Faktor lalu lintas, yaitu keterangan mengenai lalulintas mengenai jalan, seperti komposisi lalulintas, volume, distribusi lajur, gangguan lalulintas, adanya kendaraan tidak bermotor, gangguan samping, dan lain – lain.

5.3 Alternatif Solusi dengan Pemodelan VISSIM

Berdasarkan analisis menggunakan MKJI 1997, Simpang Monjali pada kondisi eksisting berada dalam kondisi jenuh dan memiliki tingkat pelayanan yang buruk. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan sebuah solusi, alternatif solusi penanganan kinerja simpang bertujuan untuk meningkatkan tingkat pelayanan sehingga dapat lebih optimal. Dalam merencanakan alternatif solusi menggunakan VISSIM, perlu dilakukan pemodelan simpang pada kondisi eksisting terlebih dahulu agar hasil evaluasi dapat merepresentasikan kondisi di lapangan dengan cara mendapatkan data terlebih dahulu di lapangan yang akan di evaluasi.

5.3.1 Pemodelan Simpang Monjali pada Kondisi Eksisting

Pemodelan menggunakan *software* VISSIM dilakukan berdasarkan atas hasil data yang di peroleh dari penelitian di lapangan. Data yang digunakan yaitu data kendaraan ketika jam puncak selama satu jam, data kecepatan kendaraan, data jarak antar kendaraan, data geometri simpang, dan data waktu siklus simpang. Setelah semua parameter dimasukkan ke VISSIM, kemudian dilakukan *running*. Hal tersebut dikarenakan terdapat perbedaan data antara kondisi di lapangan dengan hasil pemodelan. Perbedaan data disebabkan oleh perilaku pengendara yang berbeda antara *default* VISSIM dengan kondisi di lapangan. Proses kalibrasi dilakukan dengan cara *trial and error* sehingga data yang terdapat pada VISSIM mewakili kondisi di lapangan.

Proses kalibrasi dilakukan dengan cara mengubah beberapa parameter yang terdapat pada VISSIM. *Driving behavior* merupakan parameter yang dapat diubah sehingga hasil pemodelan VISSIM sesuai atau mendekati kondisi di lapangan. *Driving behavior* merupakan

perilaku pengemudi dalam mengemudikan kendaraannya. Parameter dalam *driving behavior* yang dapat diubah diantaranya yaitu jarak antar kendaraan maupun posisi kendaraan. Kalibrasi dilakukan hingga hasil pemodelan memenuhi syarat sehingga dapat dikatakan valid. Berikut ini merupakan proses kalibrasi yang terdapat pada Tabel 5.13.

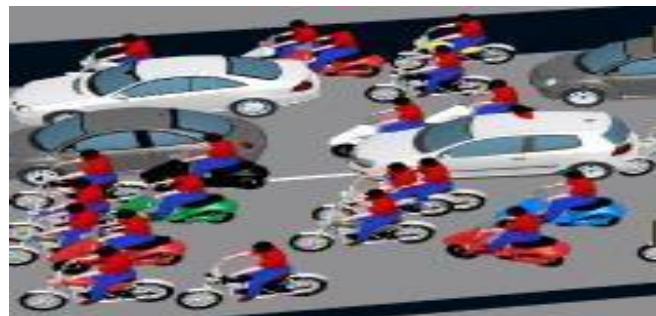
Tabel 5. 13 Perubahan Parameter *Driving Behavior*

No.	Parameter	Sebelum Kalibrasi	Setelah Kalibrasi
1	<i>Average standsill distance</i> (Jarak rata-rata kendaraan ketika berhenti)	2	0,6
2	<i>Additive part of safety distance</i> (Bagian tambahan jarak aman)	2	0,6
3	<i>Multiplicative part of safety distance</i> (Koefisien pengali jarak aman)	3	1
4	<i>Desired position at free flow</i> (Posisi yang diinginkan ketika arus bebas)	<i>Middle of lane</i>	<i>Any</i>
5	<i>Overtake on same line</i> (Menyalip di jalur yang sama)	<i>Off</i>	<i>On</i>
6	<i>Distance standing</i> (Jarak minimum antar kendaraan ketika berhenti)	0,2	0,2
7	<i>Distance driving</i> (Jarak minimum antar kendaraan ketika berjalan)	1	0,4

Hasil perubahan kalibrasi berpengaruh terhadap jarak antar kendaraan maupun perilaku kendaraan ketika berada di simpang. Adapun perbedaan secara visual sebelum dilakukan kalibrasi dan setelah dilakukan kalibrasi ditampilkan pada Gambar 5.12 dan 5.13 berikut.



Gambar 5.12 Tampilan 3D Sebelum Kalibrasi



Gambar 5.13 Tampilan 3D Setelah Kalibrasi

Berdasarkan Gambar 5.12 dan Gambar 5.13, terlihat perbedaan secara visual sebelum dilakukan kalibrasi dengan setelah dilakukan kalibrasi. Jarak antar kendaraan setelah dilakukan kalibrasi menjadi lebih rapat sehingga dapat merepresentasikan kondisi di lapangan. Adapun tampilan simpang setelah kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 5.14 berikut



Gambar 5. 14 Tampilan 3D Simpang Monjali

Dalam pemodelan VISSIM perlu dilakukan proses validasi agar hasil kalibrasi dapat dikatakan valid berdasarkan uji GEH dan MAPE. Parameter yang digunakan dalam uji GEH berupa data volume kendaraan. Kalibrasi yang dilakukan didapatkan bahwa dengan melakukan perubahan beberapa parameter *driving behavior* maka hasil kalibrasi dapat dikatakan valid. Adapun hasil uji GEH dalam proses kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 Hasil Uji GEH dalam Proses Kalibrasi

Pendekat	Hasil Observasi (kend/jam)	Sebelum Kalibrasi		Setelah Kalibrasi	
		Hasil VISSIM (kend/jam)	GEH	Hasil VISSIM (kend/jam)	GEH
Jalan Padjajaran (Barat)	3495	1338	29,27	2530	1,82
Jalan Tentara Palagan(Utara)	1330	418	28,33	1220	1,60
Jalan Padjajaran (Timur)	2877	1660	46,80	2820	3,70
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	1920	445	43,20	1621	3,31

Berdasarkan Tabel 5.14, dengan dilakukan kalibrasi maka hasil pemodelan berupa jumlah volume kendaraan mengalami kenaikan yang signifikan. Hasil uji GEH menyatakan bahwa setelah dilakukan kalibrasi, lengan Utara memiliki nilai GEH sebesar 1,60, lengan Barat sebesar 1,82, lengan Selatan sebesar 3,31, dan lengan Timur sebesar 3,70. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat disimpulkan pada Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.15 Kesimpulan Hasil Uji GEH

Pendekat	Nilai GEH	Kesimpulan
Jalan Padjajaran (Barat)	1,82	Hasil pemodelan diterima
Jalan Tentara Palagan (Utara)	1,60	Hasil pemodelan diterima
Jalan Padjajaran (Timur)	3,70	Hasil pemodelan diterima
Nyi Tjondrolukito (Selatan)	3,31	Hasil pemodelan diterima

Berdasarkan Tabel 5.15, nilai hasil uji GEH tiap pendekat kurang dari 5 sehingga hasil pemodelan VISSIM dapat diterima. Hal tersebut menunjukkan bahwa jumlah kendaraan yang terdapat pada pemodelan VISSIM dapat merepresentasikan kondisi di lapangan.

Selain uji GEH, dilakukan pengujian lain berupa uji MAPE untuk memvalidasi hasil pemodelan. Parameter yang digunakan dalam uji MAPE yaitu panjang antrean tiap pendekat. Adapun hasil uji MAPE dalam proses validasi dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.16 Hasil Uji MAPE dalam Proses Validasi Panjang Antrean

Kondisi		Panjang Antrean (m)			
		Jalan Padjajaran (Barat)	Jalan Tentara Palagan (Utara)	Jalan Padjajaran (Timur)	Jalan Tjondroluki (Selatan)
Hasil Observasi		250,45	75,10	225,91	88,50
Sebelum Kalibrasi	Hasil VISSIM	360,45	164,50	320,28	223,21
	Uji MAPE %	38	302	110	180
Setelah Kalibrasi	Hasil VISSIM	226,76	25,10	170,22	89,33
	Uji MAPE %	18	12	4	5

Berdasarkan Tabel 5.16, nilai hasil uji MAPE panjang antrean tiap pendekat sebelum dilakukan kalibrasi untuk Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 38 %, Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 302 %, Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 110 %, dan Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 180 %. Sedangkan Nilai hasil uji MAPE panjang antrean tiap pendekat setelah dilakukan kalibrasi untuk Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 18 %, Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 12 %, Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 4 %, dan Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 5 %.

Adapun kesimpulan setelah dilakukan kalibrasi dapat disimpulkan pada Tabel 5.17 berikut.

Tabel 5.17 Kesimpulan Hasil Uji MAPE Setelah Kalibrasi

Pendekat	Nilai MAPE %	Kesimpulan
Jalan Tentara Palagan (Utara)	10	Hasil pemodelan baik
Jalan Padjajaran (Barat)	15	Hasil pemodelan baik
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	6	Hasil pemodelan sangat akurat
Jalan Padjajaran (Timur)	8	Hasil pemodelan sangat akurat

Berdasarkan Tabel 5.17, nilai *MAPE* untuk Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 18 %, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 6 %, Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 8 %, dan Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 10 %. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa panjang antrean untuk Jalan Tentara Pelajar Palagan (Utara) dan Jalan Padjajaran diperoleh hasil yang baik. Sedangkan untuk panjang antrean Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) dan Jalan Padjajaran (Timur) diperoleh hasil yang sangat akurat.

Hasil pemodelan VISSIM yang telah valid dapat dilakukan evaluasi. Evaluasi yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui kinerja simpang. Adapun hasil evaluasi berdasarkan pemodelan VISSIM adalah sebagai berikut.

1. Panjang Antrean

Panjang antrean atau *queue counter* merupakan evaluasi yang terdapat pada VISSIM. Adapun data panjang antrean pada tiap lengan berdasarkan pemodelan VISSIM terdapat pada Tabel 5.18 berikut.

Tabel 5.18 Panjang Antrean Berdasarkan Pemodelan VISSIM

Pendekat	Panjang Antrean (m)					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Jalan Tentara Palagan (utara)	25,55	27,8	24,23	23,44	28,22	25,84
Jalan Padjajaran (barat)	188,54	165,53	210,25	238,05	210,46	205,56
Jalan Nyi Tjondrolukito (selatan)	60,45	72,55	80,25	73,45	88,47	75,03
Jalan Padjajaran (timur)	233,25	221,20	168,12	110,17	140,65	174,67

Berdasarkan Tabel 5.18, panjang antrean untuk Jalan Tentara Pelajar Palagan (Utara) sebesar 25.84 m, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 205,56 m, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 75,03 m, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 174,67 m. Sedangkan dengan perbandingan sebelumnya didapatkan hasil pada lengan Barat 102,55 m, lengan Utara 23,58 m, lengan Selatan 51,23 m dan lengan Timur 262,3 m.

2. Tundaan

Tundaan atau *delay* merupakan salah satu evaluasi dalam VISSIM yang bertujuan untuk mengetahui waktu tempuh tambahan yang dibutuhkan untuk melewati simpang jika dibandingkan tanpa melewati suatu simpang. Adapun hasil evaluasi tundaan berdasarkan pemodelan VISSIM dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut.

Tabel 5.19 Tundaan Berdasarkan Pemodelan VISSIM

Pendekat	Tundaan (detik/kendaraan)					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Jalan Tentara Pelajar Palagan (Utara)	55,78	53,90	48,30	51,65	49,88	51,90
Jalan Padjajaran (Barat)	149,1	138,55	136,78	140,88	150,32	143,12
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	120,55	120,4	123,77	111,75	116,44	118,58
Jalan Padjajaran (Timur)	130,28	125,83	120,2	99,45	141,7	123,49

Berdasarkan Tabel 5.19, waktu tundaan untuk Jalan Tentara Pelajar Palagan (Utara) sebesar 51,90 detik/kendaraan, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 143,12 detik/kendaraan, Jalan Nyi Tjondrokulito (Selatan) sebesar 118,58 detik/kendaraan, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 123,49 detik/kendaraan.

1. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan atau *level of service* merupakan salah satu parameter untuk mengetahui kondisi simpang. Untuk mengetahui nilai tundaan seluruh simpang makaperlu dikali antara tundaan tiap pendekat dengan volume kendaraan tiap pendekat. Adapun hasil tingkat pelayanan simpang dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut.

Tabel 5.20 Tingkat Pelayanan Simpang

Pendekat	Volume (Kendaraan)	Tundaan Pendekat (detik)	Tundaan Simpang (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jalan Tentara Pelajar Palagan (Utara)	1201,77	45,88	121,40	F
Jalan Padjajaran (Barat)	3507,58	165,69		
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	1310,76	100,25		
Jalan Padjajaran (Timur)	2281,50	138,36		

Berdasarkan Tabel 5.20, Simpang Monjali pada kondisi eksisting diperoleh waktu tundaan simpang sebesar 121,40 detik/kendaraan. Nilai tersebut termasuk ke dalam kategori tingkat pelayanan F. Parameter tingkat pelayanan simpang yang dapat digunakan untuk dijadikan perbandingan yaitu panjang antrean

Hal tersebut dikarenakan nilai panjang antrean dapat divalidasi dengan data yang ada di lapangan. Adapun perbandingan panjang antrean dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut.

Tabel 5.21 Perbandingan Panjang Antrean

Pendekat	Data Lapangan (m)	Hasil MKJI 1997 (m)	Hasil VISSIM (m)	Persentase Hasil MKJI 1997 (%)	Persentase Hasil VISSIM (%)
Jalan Tentara Palagan (Utara)	39,58	88,98	30,28	224,49	18,45
Jalan Padjajaran (Barat)	255,64	240,35	201,58	0,45	13,40
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	86,28	224,30	77,58	51,25	4,45
Jalan Padjajaran (Timur)	183,64	273,25	172,75	171,64	5,48

Berdasarkan Tabel 5.21, terdapat perbedaan data lapangan dengan hasil analisis dengan MKJI 1997 dan VISSIM. Data hasil pengukuran di lapangan dengan analisis MKJI 1997 memiliki perbedaan untuk Jalan Tentara Pelajar (Utara) sebesar 224,49 %, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 0,45 %, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 51,25 %, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 172,75 %. Sedangkan perbedaan data hasil pengukuran di lapangan dengan pemodelan VISSIM memiliki perbedaan untuk Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 18,45 %, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 13,40 %, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 4,45 %, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 5,48 %.

Menurut teori *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), persentase selisih yang lebih dari 50 % memiliki hasil prediksi yang tidak akurat. Perbandingan antara data panjang antrean di lapangan dengan hasil analisis MKJI 1997 terdapat pendekatan dengan nilai selisih lebih dari 50 % yaitu pendekatan Barat dan Timur. Sedangkan perbandingan antara data panjang antrean di lapangan dengan hasil pemodelan VISSIM tidak terdapat pendekatan dengan selisih persentase lebih besar dari 50 %.

Menurut Hanun (2022) berdasarkan penelitian yang dilakukan didapatkan nilai Panjang antrean yang menurun. Akan tetapi setiap lengan mempunyai nilai arus jenuh dasar yang sama. Sedangkan pada penelitian saya mempunyai kesamaan terkait penurunan angka panjang antrian yang cukup signifikan.

5.3.2 Alternatif Solusi 1

Alternatif solusi 1 yaitu waktu siklus tetap menggunakan waktu siklus eksisting sebesar 174 detik. Akan tetapi dilakukan penyesuaian terhadap waktu hijau dengan mempertimbangkan nilai derajat kejenuhan tiap pendekatan. Penentuan waktu hijau pada alternatif solusi tersebut dilakukan dengan cara *trial and error* sehingga diperoleh waktu hijau yang optimal. Pengaturan fase yang digunakan tetap seperti pada kondisi eksisting. Waktu *all red* yang digunakan sebesar 4 detik dan waktu kuning sebesar 3 detik sehingga diperoleh nilai LTI sebesar 28 detik.

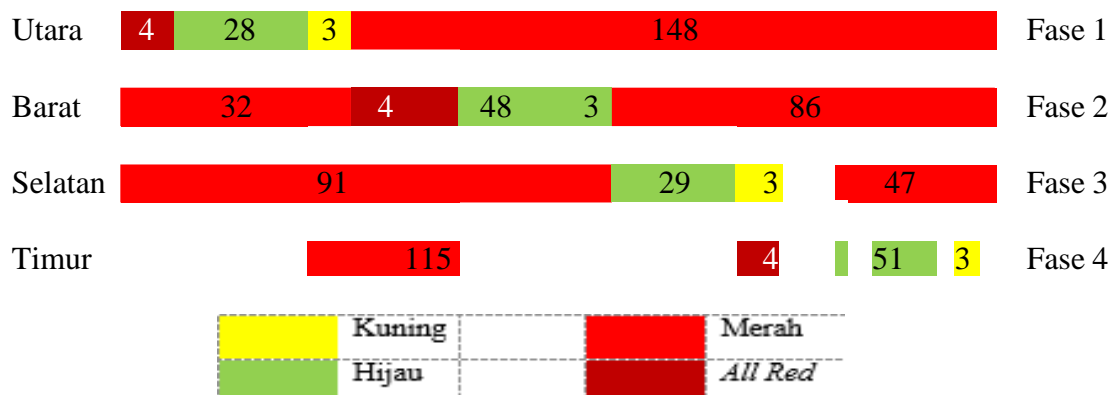
Perbedaan alternatif solusi 1 dengan kondisi eksisting yaitu pada alternatif tersebut memiliki waktu hijau yang berbeda pada tiap pendekat.

Berikut merupakan tabel pewaktuan sinyal pada alternatif solusi 1 yang dapat dilihat pada Tabel 5.22.

Tabel 5.22 Pewaktuan Sinyal pada Alternatif Solusi 1

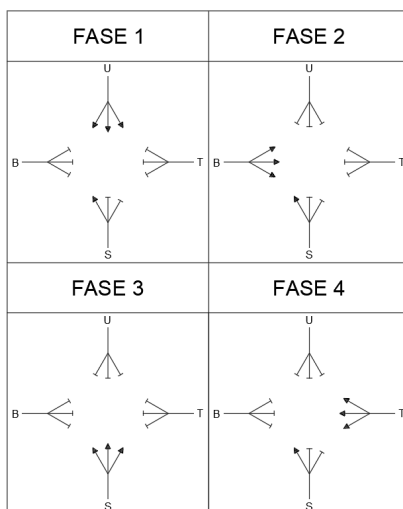
Pendekat	Waktu (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	All Red	Merah	
Jalan Tentara Palagan (Utara)	28	3	4	148	174
Jalan Padjajaran (Barat)	48	3	4	118	
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	29	3	4	138	
Jalan Padjajaran (Timur)	51	3	4	115	

Berdasarkan Tabel 5.22, waktu hijau Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 28 detik, waktu hijau Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 48 detik, waktu hijau Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 29 detik, waktu hijau Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 51 detik. Waktu siklus yang digunakan sebesar 174 detik. Adapun pembagian waktu siklus berupa diagram waktu siklus Simpang Monjali pada alternatif solusi 1 dapat dilihat pada Gambar 5.15 berikut.



Gambar 5.15 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi 1

Adapun pembagian fase Simpang Monjali pada alternatif solusi 1 dapat dilihat pada Gambar 5.16 berikut.



Gambar 5.16 Pembagian Fase Simpang Monjali Alternatif Solusi 1

Bedasarkan Gambar 5.16, fase pertama yaitu APILL pada pendekat Utara bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 2 yaitu APILL pada pendekat Barat bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 3 yaitu APILL pada pendekat Selatan bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 4 yaitu APILL pada pendekat Barat bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Pada pendekat selatan memiliki LTOR sehingga kendaraan yang belok kiri tidak terpengaruh nyala APILL tiap fase. Perubahan waktu siklus berpengaruh terhadap kapasitas dan derajat kejenuhan tiap pendekat. Berikut merupakan perhitungan nilai kapasitas dan derajat

kejenuhan tiap pendekat pada alternatif solusi 1.

1. Lengan Utara

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 4027 \times \frac{28}{174} \\
 &= 648 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{501,6}{648} \\ &= 0,77 \end{aligned}$$

2. Lengan Barat

$$\begin{aligned} C &= S \times \frac{g}{c} \\ &= 7824 \times \frac{48}{174} \\ &= 2158 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{2672,4}{2158} \\ &= 0,98 \end{aligned}$$

3. Lengan Selatan

$$\begin{aligned} C &= S \times \frac{g}{c} \\ &= 3825 \times \frac{29}{174} \\ &= 638 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{586,2}{638} \\ &= 0,91 \end{aligned}$$

4. Lengan Timur

$$\begin{aligned} C &= S \times \frac{g}{c} \\ &= 7032 \times \frac{51}{174} \\ &= 1160 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{1500,7}{2061} \\ &= 0,73 \end{aligned}$$

Adapun rekapitulasi nilai kapasitas dan derajat kejenuhan pada alternatif solusi 1 dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut.

Tabel 5.23 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan pada Alternatif Solusi 1

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Jalan Tentara Palagan (Utara)	409	0,77
Jalan Padjajaran (Barat)	2726	0,98
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	638	0,73
Jalan Padjajaran (Timur)	2061	0,92

Berdasarkan Tabel 5.23, nilai kapasitas pada Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 409 smp/jam, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 2726 smp/jam, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 638 smp/jam, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 2061 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan pada Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 0,77, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 0,98, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 0,73, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 0,92.

Berdasarkan perubahan waktu siklus tersebut, dilakukan pemodelan kinerja Simpang Monjali menggunakan *software* VISSIM. Adapun hasil pemodelannya adalah sebagai berikut.

1. Panjang Antrean

Panjang antrean atau *queue length* tiap pendekat pada alternatif solusi 1 dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut.

Tabel 5.24 Panjang Antrean pada Alternatif Solusi 1

Pendekat	Panjang Antrean (m)					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Jalan Tentara Palagan (Utara)	44,80	51,25	33,23	48,35	34,25	44,45
Jalan Padjajaran (Barat)	145,8	121,80	135,45	167,45	155,06	158,90
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	58,26	60,13	35,25	47,01	65,32	78,15
Jalan Padjajaran (Timur)	123,22	75,58	40,45	47,45	69,62	78,42

Berdasarkan Tabel 5.24, panjang antrean untuk Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 44,45 m, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 158,90 m, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 78,15 m, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 78,42 m.

2. Tundaan

Tundaan atau *delay* tiap pendekat Simpang Monjali pada alternatif solusi 1 dapat dilihat pada Tabel 5.25 berikut.

Tabel 5.25 Tundaan pada Alternatif Solusi 1

Pendekat	Tundaan (detik/kendaraan)					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Jalan Tentara Palagan (Utara)	65,30	60,25	55,93	60,68	54,45	55,14
Jalan Padjajaran (Barat)	140,25	98,65	124,45	135,54	102,05	103,10
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	90,92	70,21	64,02	65,34	69,58	70,35
Jalan Padjajaran (Timur)	99,30	120,78	80,53	113,35	103,45	112,56

Berdasarkan Tabel 5.25, diperoleh nilai tundaan untuk Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 55,14 detik/kendaraan, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 103,10 detik/kendaraan, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 70,35 detik/kendaraan, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 112,56 detik/kendaraan.

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan atau *level of service* Simpang Monjali pada alternatif solusi 1 dilihat pada Tabel 5.26 berikut.

Tabel 5.26 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif Solusi 1

Pendekat	Volume (kendaraan)	Tundaan Pendekat (detik)	Tundaan Simpang (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jalan Tentara Palagan (Utara)	1443	55,14	94,65	F
Jalan Padjajaran (Barat)	2337	103,10		
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	1012	70,35		
Jalan Padjajaran (timur)	1890,25	112,56		

Berdasarkan Tabel 5.26 diperoleh nilai tundaan simpang sebesar 94,65 detik/kendaraan dengan tingkat pelayanan F.

Perubahan waktu hijau tanpa mengganti waktu siklus dapat menurunkan nilai derajat kejenuhan pada beberapa pendekat. Waktu siklus yang digunakan dalam alternatif solusi ini berdasarkan waktu siklus pada kondisi eksisting sebesar 174 detik. Berdasarkan nilai derajat kejenuhan, keempat pendekat mengalami kondisi jenuh dikarenakan nilai derajat kejenuhan $> 0,85$. Meskipun mengalami perbaikan waktu siklus, pada alternatif solusi 1 masih memiliki tingkat pelayanan F.

5.3.3 Alternatif Solusi 2

Alternatif solusi 2 yaitu dengan mengganti waktu siklus berdasarkan perhitungan MKJI 1997. Waktu siklus yang digunakan berupa waktu siklus sebelum penyesuaian. Pengaturan fase yang digunakan tetap seperti pada kondisi eksisting. Waktu *all red* yang digunakan sebesar 4 detik dan waktu kuning sebesar 3 detik sehingga diperoleh nilai LTI sebesar 28 detik.

Perbedaan alternatif solusi 2 dengan kondisi eksisting yaitu pada alternatif tersebut penentuan waktu hijau dan waktu siklus didasarkan pada analisis MKJI 1997. Berikut merupakan analisis MKJI 1997 dalam menentukan alternatif solusi 2.

1. Rasio Arus (FR) dan Rasio Arus Kritis (FR_{crit})

a. Pendekat Utara

$$\begin{aligned} FR &= \frac{Q}{S} \\ &= \frac{501,6}{4024} \\ &= 0,12 \end{aligned}$$

$$FR_{crit} = 0,12$$

b. Pendekat Barat

$$\begin{aligned} FR &= \frac{Q}{S} \\ &= \frac{1672,4}{7893} \\ &= 0,21 \end{aligned}$$

$$FR_{crit} = 0,21$$

c. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} \text{FR} &= \frac{Q}{S} \\ &= \frac{586,2}{3845} \\ &= 0,15 \end{aligned}$$

$$\text{FR}_{\text{crit}} = 0,15$$

d. Pendekat Timur

$$\begin{aligned} \text{FR} &= \frac{Q}{S} \\ &= \frac{1500,7}{7037} \\ &= 0,21 \end{aligned}$$

$$\text{FR}_{\text{crit}} = 0,21$$

Nilai FR_{crit} tiap pendekat yang diketahui kemudian dijumlahkan sehingga diketahui nilai rasio arus simpang (IFR). Adapun perhitungan rasio arus simpang adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{IFR} &= \sum \text{FR}_{\text{crit}} \\ &= 0,12 + 0,21 + 0,15 + 0,21 \\ &= 0,70 \end{aligned}$$

2. Rasio Fase (PR)

a. Pendekat Utara

$$\begin{aligned} \text{PR} &= \frac{\text{FR}_{\text{crit}}}{\text{IFR}} \\ &= \frac{0,12}{0,70} \\ &= 0,18 \end{aligned}$$

b. Pendekat Barat

$$\begin{aligned} \text{PR} &= \frac{\text{FR}_{\text{crit}}}{\text{IFR}} \\ &= \frac{0,21}{0,70} \\ &= 0,30 \end{aligned}$$

c. Pendekat Selatan

$$\text{PR} = \frac{\text{FR}_{\text{crit}}}{\text{IFR}}$$

$$= \frac{0,15}{0,70}$$

$$= 0,22$$

d. Pendekat Timur

$$\text{PR} = \frac{\text{FR}_{\text{crit}}}{\text{IFR}}$$

$$= \frac{0,21}{0,70}$$

$$= 0,30$$

3. Waktu siklus sebelum penyesuaian (c_{ua})

$$c_{ua} = (1,5 \times \text{LTI} + 5) / (1 - \text{IFR})$$

$$= (1,5 \times 28 + 5) / (1 - 0,70)$$

$$= 158 \text{ detik}$$

4. Waktu hijau (g)

a. Pendekat Utara

$$g = (c_{ua} - \text{LTI}) \times \text{PR}$$

$$= (158 - 28) \times 0,12$$

$$= 23 \text{ detik}$$

b. Pendekat Barat

$$g = (c_{ua} - \text{LTI}) \times \text{PR}$$

$$= (158 - 28) \times 0,21$$

$$= 39 \text{ detik}$$

c. Pendekat Selatan

$$g = (c_{ua} - \text{LTI}) \times \text{PR}$$

$$= (158 - 28) \times 0,15$$

$$= 28 \text{ detik}$$

d. Pendekat Timur

$$g = (c_{ua} - \text{LTI}) \times \text{PR}$$

$$= (158 - 28) \times 0,21$$

$$= 39 \text{ detik}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh pewaktuan sinyal sinyal yang terdapat pada Tabel 5.27 berikut.

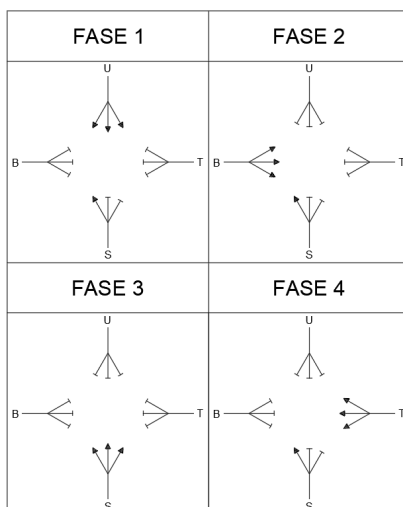
Tabel 5.27 Pewaktuan Sinyal pada Alternatif Solusi 2

Pendekat	Waktu (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	All Red	Merah	
Jalan Tentara Palagan (Utara)	23	3	4	124	158
Jalan Padjajaran (Barat)	45	3	4	168	
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	23	3	4	122	
Jalan Padjajaran (Timur)	40	3	4	148	

Berdasarkan Tabel 5.27, waktu hijau Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 24 detik, waktu hijau Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 40 detik, waktu hijau Jalan Nyi Tjondrokulito (Selatan) sebesar 28 detik, waktu hijau Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 42 detik. Waktu siklus yang digunakan sebesar 158 detik. Adapun pembagian waktu siklus berupa diagram waktu siklus Simpang Monjali pada alternatif solusi 2 dapat dilihat pada Gambar 5.19 berikut.

**Gambar 5.17 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi 2**

Adapun pembagian fase Simpang Monjali pada alternatif solusi 2 dapat dilihat pada Gambar 5.18 berikut.



Gambar 5.18 Pembagian Fase Simpang Monjali Alternatif Solusi 2

Bedasarkan Gambar 5.18, fase pertama yaitu APILL pada pendekat Utara bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 2 yaitu APILL pada pendekat Barat bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 3 yaitu APILL pada pendekat Selatan bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 4 yaitu APILL pada pendekat Barat bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Pada pendekat Selatan memiliki LTOR sehingga kendaraan yang belok kiri tidak terpengaruh nyala APILL tiap fase. Perubahan waktu siklus berpengaruh terhadap kapasitas dan derajat kejenuhan tiap pendekat. Berikut merupakan perhitungan nilai kapasitas dan derajat

kejenuhan tiap pendekat pada alternatif solusi 2.

1. Pendekat Utara

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 4027 \times \frac{23}{158} \\
 &= 588 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{501,6}{588} \\
 &= 0,85
 \end{aligned}$$

2. Pendekat Barat

$$\begin{aligned} C &= S \times \frac{g}{c} \\ &= 7824 \times \frac{45}{158} \\ &= 2248 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{2627,4}{1960} \\ &= 0,85 \end{aligned}$$

3. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} C &= S \times \frac{g}{c} \\ &= 3990 \times \frac{39}{158} \\ &= 687 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{586,2}{687} \\ &= 0,80 \end{aligned}$$

4. Pendekat Timur

$$\begin{aligned} C &= S \times \frac{g}{c} \\ &= 7245 \times \frac{39}{158} \\ &= 1788 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DS &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{1500,7}{1759} \\ &= 0,83 \end{aligned}$$

Adapun rekapitulasi nilai kapasitas dan derajat kejenuhan pada alternatif solusi 3 dapat dilihat pada Tabel 5.28 berikut.

Tabel 5.28 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan pada Alternatif Solusi 2

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Jalan Tentara Palagan (Utara)	588	0,83
Jalan Padjajaran (Barat)	2248	0,85
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	687	0,80
Jalan Padjajaran (Timur)	1788	0,83

Berdasarkan Tabel 5.28, nilai kapasitas pada Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 588 smp/jam, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 2248 smp/jam, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 687 smp/jam, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 1759 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan pada Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 0,83, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 0,85, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 0,80, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 0,83.

Berdasarkan perhitungan waktu siklus menggunakan MKJI 1997, dilakukan pemodelan kinerja Simpang Monjali menggunakan *software* VISSIM. Adapun hasil pemodelan adalah sebagai berikut.

1. Panjang Antrean

Panjang antrean atau *queue length* tiap pendekat pada alternatif solusi 3 dapat dilihat pada Tabel 5.29 berikut.

Tabel 5.29 Panjang Antrean pada Alternatif Solusi 2

Pendekat	Panjang Antrean (m)					
	1	2	3	4	5	Rata-Rata
Jalan Tentara Palagan (Utara)	60,45	110,20	50,13	60,75	45,47	80,65
Jalan Padjajaran (Barat)	156,40	158,46	189,60	145,27	178,30	165,60
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	43,60	37,65	34,33	43,25	50,71	41,90
Jalan Padjajaran (Timur)	178,65	145,35	55,64	78,35	85,54	108,70

Berdasarkan Tabel 5.29, panjang antrean untuk Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 80,65 m, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 165,60 m, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 41,90 m, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 108,70 m.

2. Tundaan

Tundaan atau *delay* tiap pendekat Simpang Monjali pada alternatif solusi 2 dapat dilihat pada Tabel 5.30 berikut.

Tabel 5.30 Tundaan pada Alternatif Solusi 2

Pendekat	Tundaan (detik/kendaraan)					
	1	2	3	4	5	Rata-Rata
Jalan Tentara Palagan (Utara)	76,35	57,09	72,13	76,02	64,45	69,20
Jalan Padjajaran (Barat)	130,78	139,44	138,64	141,54	141,55	138,39
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	85,30	78,52	60,55	76,40	80,19	76,192
Jalan Padjajaran (Timur)	120,75	89,12	89,28	70,29	80,30	89,94

Berdasarkan Tabel 5.30, diperoleh nilai tundaan untuk Jalan Palagan (Utara) sebesar 69,20 detik/kendaraan, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 138,39 detik/kendaraan, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 76,192 detik/kendaraan, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 89,94 detik/kendaraan.

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan atau *level of service* Simpang Monjali pada alternatif solusi 2 dilihat pada Tabel 5.31 berikut.

Tabel 5.31 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif Solusi 2

Pendekat	Volume (kendaraan)	Tundaan Pendekat (detik)	Tundaan Simpang (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jalan Tentara Palagan (Utara)	1350,40	69,20	94,95	F
Jalan Padjajaran (Barat)	2230,20	138,45		
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	1250,40	76,192		
Jalan Padjajaran (Timur)	3890,40	98,94		

Berdasarkan Tabel 5.31, diperoleh nilai tundaan simpang sebesar 94,95 detik/kendaraan sehingga tingkat pelayanan F.

Waktu siklus yang digunakan dalam alternatif solusi ini berdasarkan analisis MKJI 1997 dengan menggunakan waktu siklus sebelum penyesuaian. Waktu siklus tersebut meningkat menjadi 188 detik dibandingkan dengan kondisi eksisting. Berdasarkan nilai derajat kejenuhan, keempat pendekatan mengalami kondisi jenuh dikarenakan nilai derajat kejenuhan $> 0,75$. Meskipun mengalami perbaikan waktu siklus, pada alternatif solusi 2 masih memiliki tingkat pelayanan F.

5.3.4 Alternatif Solusi 3

Alternatif solusi 3 berupa pengaturan fase simpang menjadi 5 fase. Pendekat Barat dan Timur memiliki fase tersendiri untuk kendaraan yang belok kanan. Pada alternatif tersebut, kendaraan dari pendekat Barat dan Timur yang melaju lurus dan belok kiri memiliki waktu hijau yang bersamaan. Waktu siklus yang digunakan sebesar 153 detik. Waktu *all red* yang digunakan sebesar 4 detik dan waktu kuning sebesar 3 detik. Penentuan waktu hijau ditentukan dengan cara *trial and error* sehingga diperoleh waktu yang optimal dengan mempertimbangkan nilai derajat kejenuhan. Adapun penentuan waktu hijau dapat dilihat pada Tabel 5.32 berikut.

Tabel 5.32 Penentuan Waktu Hijau pada Alternatif Solusi 3

Trial	Pendekat	Waktu (detik)			Kapasitas (smp/jam)	DS
		Hijau	Merah	Siklus		
Trial 1	Jalan Padjajaran (Barat) (LT, ST, RT)	15	115	138	1685	0,80
	Jalan Padjajaran (Barat) (LT, ST)	50	85			
	Jalan Padjajaran (Timur) (LT, ST)	50	85		1882	0,79
	Jalan Padjajaran (Timur) (LT, ST, RT)	15	115			
	Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	30	113		680	0,63
	Jalan Tentara Palagan (Utara)	25	102		670	0,75
Trial 2	Jalan Padjajaran (Barat) (LT, ST, RT)	15	122	143	1820	0,68
	Jalan Padjajaran (Barat) (LT, ST)	55	87			
	Jalan Padjajaran (Timur) (LT, ST)	55	87		1930	0,78
	Jalan Padjajaran (Timur) (LT, ST, RT)	15	122			
	Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	30	116		740	0,66
	Jalan Tentara Palagan (Utara)	25	104		730	0,73

Lanjutan Tabel 5.32 Penentuan Waktu Hijau pada Alternatif Solusi 3

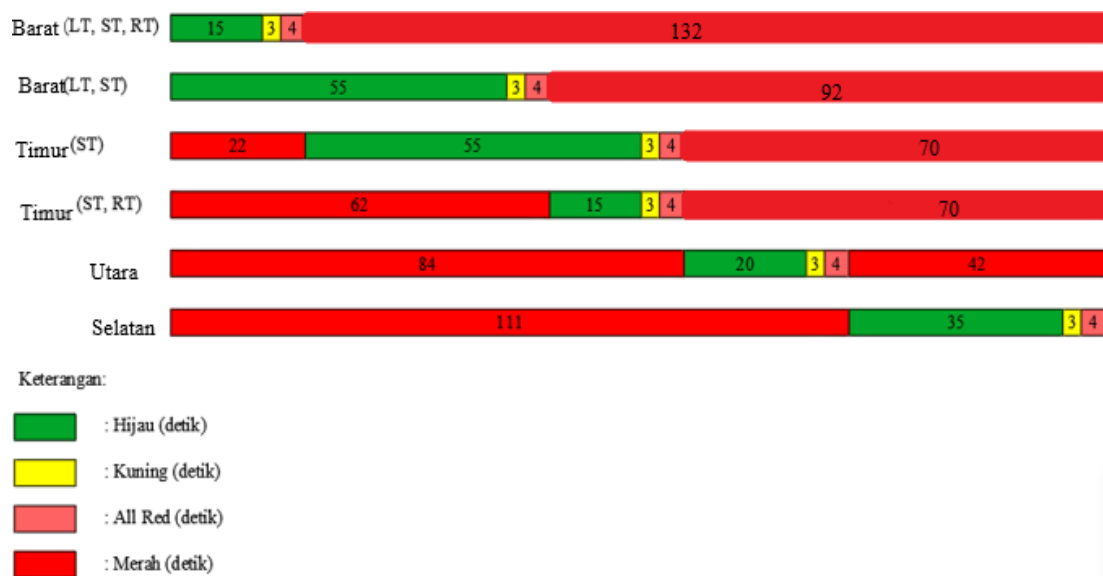
<i>Trial</i>	Pendekat	Waktu (detik)			Kapasitas (smp/jam)	DS		
		Hijau	Merah	Siklus				
<i>Trial 3</i>	Jalan Padjajaran (Barat) (LT, ST, RT)	15	127	148	1749	0,73		
	Jalan Padjajaran (Barat) (LT, ST)	55	92					
	Jalan Padjajaran (Timur) (LT, ST)	55	92		1890	0,77		
	Jalan Padjajaran (Timur) (LT, ST, RT)	15	127					
	Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	30	122				854	0,66
	Jalan Tentara Palagan (Utara)	35	104				724	0,67
<i>Trial 4</i>	Jalan Padjajaran (Barat) (LT, ST, RT)	15	132	153	1798	0,68		
	Jalan Padjajaran (Barat) (LT, ST)	55	92					
	Jalan Padjajaran (Timur) (LT, ST)	55	92		2058	0,75		
	Jalan Padjajaran (Timur) (LT, ST, RT)	15	132					
	Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	30	127				820	0,69
	Jalan Tentara Palagan (Utara)	35	111				699	0,67

Berdasarkan Tabel 5.32, *Trial 4* merupakan pewaktuan paling efektif dikarenakan tiap pendekat memiliki nilai derajat kejenuhan kurang dari 0,75. Pewaktuan tersebut dipilih dalam penentuan waktu sinyal dalam alternatif solusi 3. Perbedaan alternatif solusi 3 dengan kondisi eksisting yaitu pada alternatif tersebut memiliki 5 fase. Pendekat Utara dan Selatan memiliki waktu hijau yang berbeda untuk kendaraan yang belok kanan. Waktu hijau pada pendekat utara mengalami peningkatan sebesar 8 detik menjadi 55 detik, pendekat Barat mengalami penurunan sebesar 8 detik menjadi 30 detik, pendekat Selatan mengalami peningkatan sebesar 9 detik menjadi 55 detik, dan pendekat Timur mengalami peningkatan sebesar 8 detik menjadi 35 detik. Waktu siklus mengalami penurunan sebesar 22 detik menjadi 154 detik. Berikut merupakan tabel pewaktuan sinyal pada alternatif solusi 3 yang dapat dilihat pada Tabel 5.33.

Tabel 5.33 Pewaktuan Sinyal pada Alternatif Solusi 3

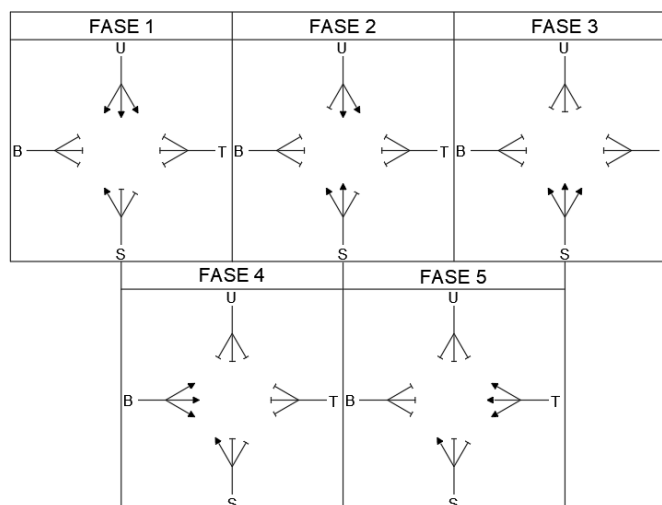
Pendekat	Waktu (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	All Red	Merah	
Jalan Padjajaran (Barat) (LT, ST, RT)	15	3	4	132	153
Jalan Padjajaran (Barat) (LT, ST)	55	3	4	92	
Jalan Padjajaran (Timur) (LT, ST)	55	3	4	92	
Jalan Padjajaran (Timur) (LT, ST, RT)	15	3	4	132	
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	30	3	4	127	
Jalan Tentara Palagan (Utara)	35	3	4	111	

Berdasarkan Tabel 5.33, waktu hijau Jalan Padjajaran (Barat) untuk kendaraan yang lurus, belok kanan, dan belok kiri sebesar 15 detik, Jalan Padjajaran (Timur) untuk kendaraan yang belok kiri dan lurus sebesar 55 detik, waktu hijau Jalan Padjajaran (Timur) untuk kendaraan yang lurus sebesar 55 detik, waktu hijau Jalan Padjajaran(Timur) untuk kendaraan yang lurus, belok kanan, dan belok kiri sebesar 15 detik, waktu hijau Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 20 detik, waktu hijau Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 35 detik. Waktu siklus yang digunakan sebesar 153 detik. Adapun pembagian waktu siklus berupa diagram waktu siklus Simpang Monjali pada alternatif solusi 3 dapat dilihat pada Gambar 5.19 berikut.



Gambar 5.19 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi 3

Adapun pembagian fase Simpang Monjali pada alternatif solusi 3 dapat dilihat pada Gambar 5.20 berikut.



Gambar 5.20 Pembagian Fase Simpang Monjali Alternatif Solusi 3

Bedasarkan Gambar 5.20, fase pertama yaitu APILL pada pendekat Utara bernyala hijau untuk kendaraan yang belok kanan, lurus, dan belok kiri sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 2 yaitu APILL pada pendekat Utara dan selatan bernyala hijau untuk kendaraan yang lurus dan belok kiri sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 3 yaitu APILL pada pendekat Selatan bernyala hijau untuk kendaraan yang belok kanan, lurus, dan belok kiri sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 4 yaitu APILL pada pendekat Barat bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 5 yaitu APILL pada pendekat Timur bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Pada pendekat selatan memiliki LTOR sehingga kendaraan yang belok kiri tidak terpengaruh nyala APILL tiap fase.

Perubahan waktu siklus berpengaruh terhadap kapasitas dan derajat kejenuhan tiap pendekat. Berikut merupakan perhitungan nilai kapasitas dan derajat kejenuhan tiap pendekat.

1. Pendekat Utara

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 4027 \times \frac{20}{155} \\
 &= 685 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{501,6}{685} \\
 &= 0,73
 \end{aligned}$$

2. Pendekat Barat

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 7824 \times \frac{30}{155} \\
 &= 2984 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{2672,4}{3534} \\
 &= 0,69
 \end{aligned}$$

3. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 3990 \times \frac{55}{155} \\
 &= 880 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{586,2}{880} \\
 &= 0,66
 \end{aligned}$$

4. Pendekat Timur

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 7037 \times \frac{35}{155} \\
 &= 2530 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{1500,7}{2642} \\
 &= 0,69
 \end{aligned}$$

Adapun rekapitulasi nilai kapasitas dan derajat kejenuhan pada alternatif solusi 3 dapat dilihat pada Tabel 5.34 berikut.

Tabel 5.34 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan pada Alternatif Solusi 3

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Jalan Tentara Palagan (Utara)	685	0,73
Jalan Padjajaran (Barat)	2984	0,69
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	880	0,66
Jalan Padjajaran (Timur)	2530	0,69

Berdasarkan Tabel 5.34, nilai kapasitas pada Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 685 smp/jam, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 2800 smp/jam, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 880 smp/jam, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 2530 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan pada Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 0,73, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 0,69, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 0,66, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 0,69.

Berdasarkan perubahan waktu siklus tersebut, dilakukan pemodelan kinerja Simpang Monjali menggunakan *software* VISSIM. Adapun hasil pemodelannya adalah sebagai berikut.

1. Panjang Antrean

Panjang antrean atau *queue length* tiap pendekat pada alternatif solusi 3 dapat dilihat pada Tabel 5.35 berikut.

Tabel 5.35 Panjang Antrean pada Alternatif Solusi 3

Pendekat	Panjang Antrean (m)					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Jalan Palagan (Utara)	23,75	25,70	28,48	25,98	22,37	25,25
Jalan Padjajaran (Barat)	65,58	65,45	75,68	65,89	68,45	65,21
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	29,50	28,34	29,70	24,56	27,77	27,97
Jalan Padjajaran (Timur)	73,80	66,50	68,30	70,54	65,05	68,82

Berdasarkan Tabel 5.35, panjang antrean untuk Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 25,25 m, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 65,21 m, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 27,97 m, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 68,82 m.

2. Tundaan

Tundaan atau *delay* tiap pendekat Simpang Monjali pada alternatif solusi 3 dapat dilihat pada Tabel 5.36 berikut.

Tabel 5.36 Tundaan pada Alternatif Solusi 3

Pendekat	Tundaan (detik/kendaraan)					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Jalan Palagan (Utara)	46,30	46,25	46,45	46,50	49,55	47,01
Jalan Padjajaran (Barat)	55,25	56,25	57,49	57,68	67,80	58,89
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	55,80	54,45	55,45	55,25	52,45	54,68
Jalan Padjajaran (Timur)	70,56	66,54	80,74	69,18	65,03	70,41

Berdasarkan Tabel 5.36, diperoleh nilai tundaan untuk Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 47,01 detik/kendaraan, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 58,89 detik/kendaraan, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 54,68 detik/kendaraan, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 70,41 detik/kendaraan.

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan atau *level of service* Simpang Monjali pada alternatif solusi 3 dilihat pada Tabel 5.37 berikut.

Tabel 5.37 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif Solusi 3

Pendekat	Volume (kendaraan)	Tundaan Pendekat (detik)	Tundaan Simpang (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jalan Palagan (Utara)	1053,5	47,01	59,58	E
Jalan Padjajaran (Barat)	2506,80	58,89		
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	1556,45	54,68		
Jalan Padjajaran (Timur)	3098	67,61		

Berdasarkan Tabel 5.37, diperoleh nilai tundaan simpang sebesar 59,58 detik/kendaraan dengan tingkat pelayanan E.

Pada alternatif solusi 3 digunakan pengaturan 5 fase. Pendekat Utara dan Selatan masing-masing memiliki 2 fase. Fase tersebut berupa kendaraan yang belokkanan (RT) memiliki fase tersendiri. Hal tersebut mengakibatkan kendaraan yang bergerak lurus (ST) dan belok kiri (LT) pada pendekat Utara dan Selatan dapat melaju dalam waktu yang bersamaan tanpa terjadi konflik. Alternatif tersebut memiliki nilai derajat kejenuhan tiap pendekat nilai $< 0,75$ sehingga dapat dikatakan tidak jenuh. Digunakannya waktu siklus dengan 5 fase dan pengoptimalan waktu hijau dapat menurunkan waktu tundaan simpang sehingga pada alternatif solusi tersebut masuk ke dalam tingkat pelayanan E.

5.3.5 Alternatif Solusi 4

Alternatif solusi 4 yaitu dengan mengganti waktu siklus berdasarkan analisis MKJI 1997. Waktu siklus yang digunakan yaitu waktu siklus yang disarankan untuk tipe pengaturan empat fase. Berdasarkan MKJI 1997, pengaturan empat fase memiliki waktu siklus yang layak sebesar 80 – 130 detik. Dalam alternatif solusi tersebut digunakan waktu siklus sebesar 130 detik. Pengaturan fase yang digunakan tetap seperti pada kondisi eksisting yaitu 4 fase. Waktu *all red* yang digunakan sebesar 4 detik dan waktu kuning sebesar 3 detik sehingga diperoleh nilai LTI sebesar 28 detik.

Perbedaan alternatif solusi 4 dengan kondisi eksisting yaitu pada alternatif tersebut waktu hijau tiap pendekat ditentukan berdasarkan analisis MKJI 1997. Berikut merupakan analisis MKJI 1997 dalam menentukan alternatif solusi 4.

1. Rasio Arus (FR) dan Rasio Arus Kritis (FR_{crit})

a. Pendekat Utara

$$\begin{aligned} FR &= \frac{Q}{S} \\ &= \frac{501,6}{2024} \\ &= 0,12 \end{aligned}$$

$$FR_{crit} = 0,12$$

b. Pendekat Barat

$$\begin{aligned} \text{FR} &= \frac{Q}{S} \\ &= \frac{1250,4}{7893} \end{aligned}$$

$$\text{FR}_{\text{crit}} = 0,21$$

c. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} \text{FR} &= \frac{Q}{S} \\ &= \frac{586,2}{3845} \\ &= 0,15 \end{aligned}$$

$$\text{FR}_{\text{crit}} = 0,15$$

d. Pendekat Timur

$$\begin{aligned} \text{FR} &= \frac{Q}{S} \\ &= \frac{1500,7}{7037} \\ &= 0,21 \end{aligned}$$

$$\text{FR}_{\text{crit}} = 0,21$$

Nilai FR_{crit} tiap pendekat yang diketahui kemudian dijumlahkan sehingga diketahui nilai rasio arus simpang (IFR). Adapun perhitungan rasio arus simpang adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{IFR} &= \Sigma \text{FR}_{\text{crit}} \\ &= 0,12 + 0,21 + 0,15 + 0,21 \\ &= 0,70 \end{aligned}$$

2. Rasio Fase (PR)

a. Pendekat Utara

$$\begin{aligned} \text{PR} &= \frac{\text{FR}_{\text{crit}}}{\text{IFR}} \\ &= \frac{0,12}{0,70} \\ &= 0,12 \end{aligned}$$

b. Pendekat Barat

$$\begin{aligned} \text{PR} &= \frac{\text{FR}_{\text{crit}}}{\text{IFR}} \\ &= \frac{0,21}{0,70} \\ &= 0,21 \end{aligned}$$

c. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} \text{PR} &= \frac{\text{FR}_{\text{crit}}}{\text{IFR}} \\ &= \frac{0,15}{0,70} \\ &= 0,15 \end{aligned}$$

d. Pendekat Timur

$$\begin{aligned} \text{PR} &= \frac{\text{FR}_{\text{crit}}}{\text{IFR}} \\ &= \frac{0,21}{0,70} \\ &= 0,21 \end{aligned}$$

3. Waktu hijau (g)

a. Pendekat Utara

$$\begin{aligned} g &= (c - \text{LTI}) \times \text{PR} \\ &= (130 - 28) \times 0,12 \\ &= 18 \text{ detik} \end{aligned}$$

b. Pendekat Barat

$$\begin{aligned} g &= (c - \text{LTI}) \times \text{PR} \\ &= (130 - 28) \times 0,21 \\ &= 31 \text{ detik} \end{aligned}$$

c. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned} g &= (c - \text{LTI}) \times \text{PR} \\ &= (130 - 28) \times 0,15 \\ &= 22 \text{ detik} \end{aligned}$$

d. Pendekat Timur

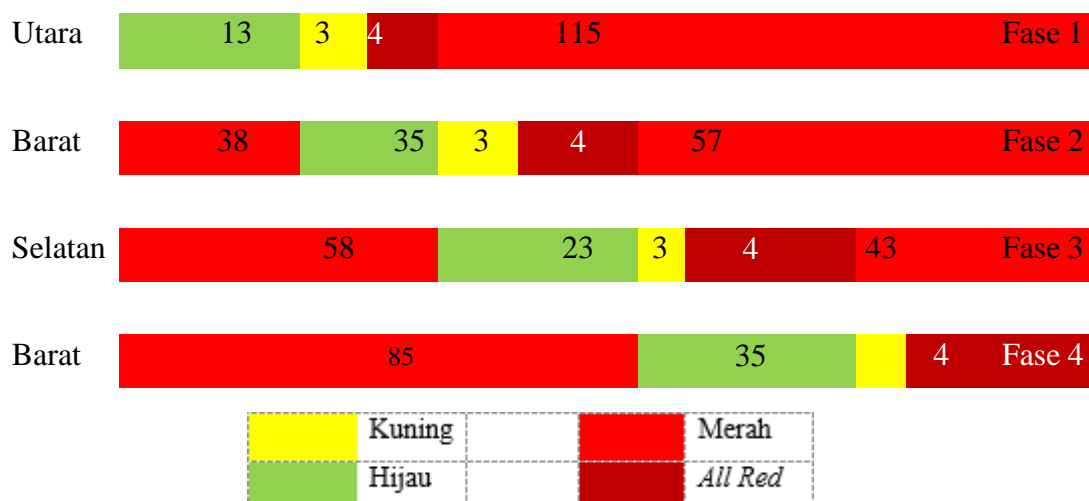
$$\begin{aligned} g &= (c - \text{LTI}) \times \text{PR} \\ &= (130 - 28) \times 0,21 \\ &= 31 \text{ detik} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh pewaktuan sinyal sinyal yang terdapat pada Tabel 5.38 berikut.

Tabel 5.38 Pewaktuan Sinyal pada Alternatif Solusi 4

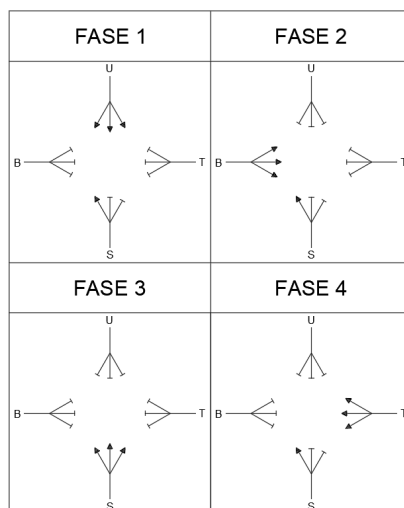
Pendekat	Waktu (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	All Red	Merah	
Jalan Tentara Palagan (Utara)	13	3	4	115	130
Jalan Padjajaran (Barat)	35	3	4	95	
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	23	3	4	101	
Jalan Padjajaran (Timur)	35	3	4	85	

Berdasarkan Tabel 5.38, waktu hijau Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 13 detik, waktu hijau Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 35 detik, waktu hijau Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 23 detik, waktu hijau Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 35 detik. Adapun pembagian waktu siklus berupa diagram waktu siklus Simpang Monjali pada alternatif solusi 4 dapat dilihat pada Gambar 5.21 berikut.



Gambar 5.21 Diagram Waktu Siklus Alternatif Solusi 4

Adapun pembagian fase Simpang Monjali pada alternatif solusi 4 dapat dilihat pada Gambar 5.22 berikut.



Gambar 5.22 Pembagian Fase Simpang Monjali Alternatif Solusi 4

Bedasarkan Gambar 5.22, fase pertama yaitu APILL pada pendekat utara bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 2 yaitu APILL pada pendekat barat bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 3 yaitu APILL pada pendekat selatan bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Fase 4 yaitu APILL pada pendekat barat bernyala hijau sedangkan pendekat lainnya bernyala merah. Pada pendekat selatan memiliki LTOR sehingga kendaraan yang belok kiri tidak terpengaruh nyala APILL tiap fase.

Perubahan waktu siklus berpengaruh terhadap kapasitas dan derajat kejenuhan tiap pendekat. Berikut merupakan perhitungan nilai kapasitas dan derajat kejenuhan tiap pendekat pada alternatif solusi 4.

1. Pendekat Utara

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 4027 \times \frac{13}{130} \\
 &= 648 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{501,6}{648} \\
 &= 0,77
 \end{aligned}$$

2. Pendekat Barat

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 7824 \times \frac{12}{130} \\
 &= 1536 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{1249,3}{1536} \\
 &= 0,81
 \end{aligned}$$

3. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 3990 \times \frac{35}{130} \\
 &= 662 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{470,1}{622} \\
 &= 0,75
 \end{aligned}$$

4. Pendekat Timur

$$\begin{aligned}
 C &= S \times \frac{g}{c} \\
 &= 7254 \times \frac{22}{130} \\
 &= 1280 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{851}{1280} \\
 &= 0,78
 \end{aligned}$$

Adapun rekapitulasi nilai kapasitas dan derajat kejenuhan pada alternatif solusi 4 dapat dilihat pada Tabel 5.39 berikut.

Tabel 5.39 Rekapitulasi Kapasitas dan Derajat Kejenuhan pada Alternatif Solusi 4

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Jalan Palagan (Utara)	648	0,81
Jalan Padjajaran (Barat)	1536	0,81
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	662	0,75
Jalan Padjajaran (Timur)	1280	0,80

Berdasarkan Tabel 5.39, nilai kapasitas pada Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 648 smp/jam, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 1536 smp/jam, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 662 smp/jam, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 1280 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan pada Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 0,81, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 0,81, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 0,75, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 0,80.

Berdasarkan perhitungan waktu siklus menggunakan MKJI 1997, dilakukan pemodelan kinerja Simpang Monjali menggunakan *software* VISSIM. Adapun hasil pemodelannya adalah sebagai berikut.

1. Panjang Antrean

Panjang antrean atau *queue length* tiap pendekat pada alternatif solusi 4 dapat dilihat pada Tabel 5.40 berikut.

Tabel 5.40 Panjang Antrean pada Alternatif Solusi 4

Pendekat	Panjang Antrean (m)					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Jalan Tentara Palagan (Utara)	26,23	43,16	28,35	25,30	18,95	28,39
Jalan Padjajaran (Barat)	108,24	85,58	77,25	135,45	138,25	108,95
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	35,25	33,45	35,78	26,45	33,24	32,83
Jalan Padjajaran (Timur)	80,25	77,25	79,80	100,30	82,20	83,96

Berdasarkan Tabel 5.40, panjang antrean untuk Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 28,39 m, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 108,95 m, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 32,83 m, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 83,96 m.

2. Tundaan

Tundaan atau *delay* tiap pendekat Simpang Monjali pada alternatif solusi 4 dapat dilihat pada Tabel 5.41 berikut.

Tabel 5.41 Tundaan pada Alternatif Solusi 4

Pendekat	Tundaan (detik/kendaraan)					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Jalan Tentara Palagan (Utara)	50,43	55,20	50,10	49,20	53,25	51,36
Jalan Padjajaran (Barat)	95,30	81,44	78,65	110,23	113,20	83,76
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	65,90	55,45	49,45	52,26	50,21	56,65
Jalan Padjajaran (Timur)	70,43	78,26	65,15	68,50	77,60	71,23

Berdasarkan Tabel 5.41, diperoleh nilai tundaan untuk Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 51,36 detik/kendaraan, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 93,76 detik/kendaraan, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 56,65 detik/kendaraan, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 71,23 detik/kendaraan.

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan atau *level of service* Simpang Monjali pada alternatif solusi 4 dilihat pada Tabel 5.42 berikut.

Tabel 5.42 Tingkat Pelayanan Simpang pada Alternatif Solusi 4

Pendekat	Volume (kendaraan)	Tundaan Pendekat (detik)	Tundaan Simpang (det/kend)	Tingkat Pelayanan
Jalan Tentara Palagan (Utara)	1011,8	51,36	68,75	E
Jalan Padjajaran (Barat)	3962,25	83,76		
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	1786	56,65		
Jalan Padjajaran (Timur)	3102,22	71,23		

Berdasarkan Tabel 5.42, diperoleh nilai tundaan simpang sebesar 68,75 detik/kendaraan sehingga tingkat pelayanan E.

Waktu siklus yang digunakan dalam alternatif solusi 4 berdasarkan saran dari MKJI 1997 untuk pengaturan 4 fase sebesar 130 detik. Waktu siklus tersebut menurun jika dibandingkan dengan kondisi eksisting sebesar 175 detik. Berdasarkan nilai derajat kejenuhan, keempat pendekat mengalami kondisi jenuh dikarenakan nilai derajat kejenuhan $> 0,75$. Meskipun mengalami perbaikan waktu siklus, pada alternatif solusi tersebut masih memiliki tingkat pelayanan E. Penelitian yang dilakukan Salsabila (2022) didapatkan tingkat pelayanan berupa D karena masih memiliki nilai derajat kejenuhan sebesar $> 0,75$.

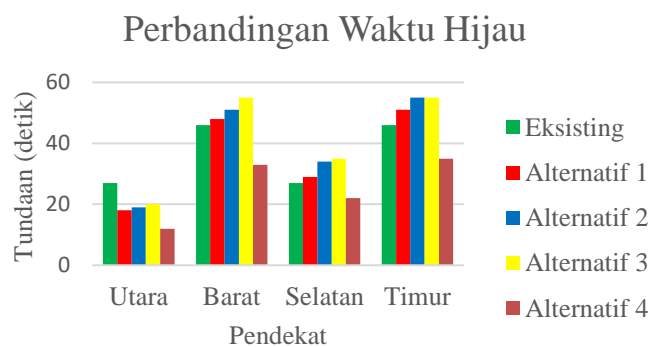
5.3.6 Perbandingan Alternatif Solusi

Beberapa alternatif solusi yang dianalisis memiliki hasil yang berbeda. Agar diketahui alternatif solusi yang paling efektif, perlu dibandingkan dengan kondisi eksisting dan alternatif solusi lainnya. Adapun perbandingan waktu hijau tiap pendekat dapat dilihat pada Tabel 5.43 berikut.

Tabel 5.43 Perbandingan Waktu Hijau

Pendekat	Waktu Hijau (detik)				
	Eksisting	Alternatif Solusi 1	Alternatif Solusi 2	Alternatif Solusi 3	Alternatif Solusi 4
Jalan Tentara Palagan (Utara)	46	28	23	20	13
Jalan Padjajaran (Barat)	27	48	45	55	35
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	46	29	23	55	23
Jalan Padjajaran (Timur)	27	51	40	35	35

Perbandingan waktu hijau tiap pendekat secara lebih jelas dapat dilihat pada histogram yang terdapat pada Gambar 5.23 berikut.



Gambar 5.23 Perbandingan Waktu Hijau

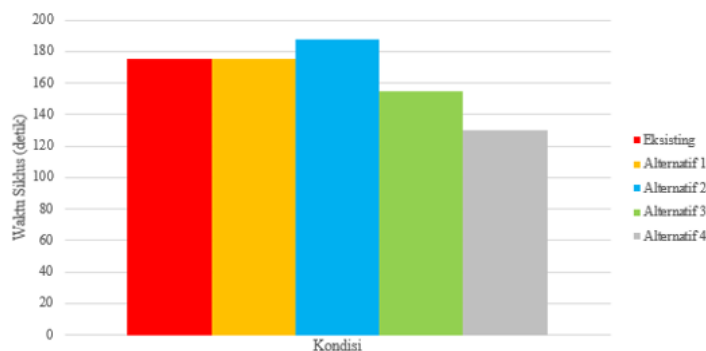
Berdasarkan Tabel 5.43 dan Gambar 5.23, waktu hijau tertinggi pada Jalan Tentara Palagan (Utara) terjadi pada alternatif solusi 3 sebesar 27 detik, Jalan Padjajaran (Barat) terjadi pada kondisi eksisting sebesar 55 detik, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) terjadi pada alternatif solusi 2 dan 3 sebesar 35 detik, dan Jalan Padjajaran (Timur) terjadi pada alternatif solusi 3 sebesar 55 detik.

Adapun perbandingan waktu siklus pada kondisi eksisting dan alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.44 berikut.

Tabel 5.44 Perbandingan Waktu Siklus

Waktu Siklus (detik)				
Eksisting	Alternatif Solusi 1	Alternatif Solusi 2	Alternatif Solusi 3	Alternatif Solusi 4
175	174	158	153	130

Perbandingan waktu siklus tiap pendekat pada kondisi eksisting dan alternatif solusi secara lebih jelas dapat dilihat pada histogram yang terdapat pada Gambar 5.24 berikut.



Gambar 5.24 Perbandingan Waktu Siklus

Berdasarkan Tabel 5.44 dan Gambar 5.24, waktu siklus pada kondisi eksisting sebesar 175 detik, alternatif solusi 1 sebesar 174 detik, alternatif solusi 2 sebesar 158 detik, alternatif solusi 3 sebesar 153 detik, dan alternatif solusi 4 sebesar 130 detik.

Dalam melakukan perbandingan hasil analisis dan pemodelan, kinerja simpang pada kondisi eksisting yang digunakan dalam perbandingan merupakan hasil pemodelan VISSIM karena berdasarkan validasi pemodelan tersebut dapat merepresentasikan hasil di lapangan. Adapun perbandingan hasil analisis dan pemodelan pada kondisi eksisting dan alternatif solusi adalah sebagai berikut.

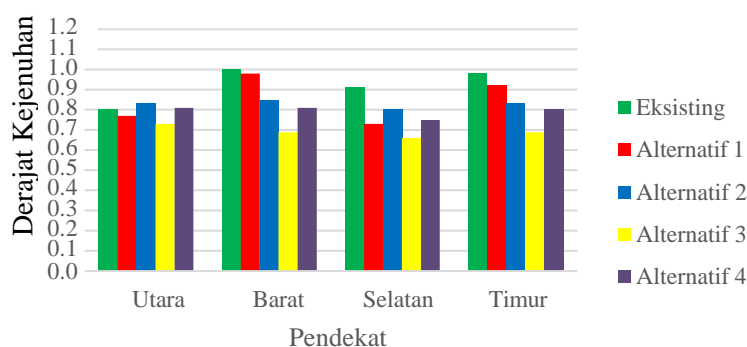
1. Derajat Kejenuhan

Hasil analisis simpang pada kondisi eksisting dengan alternatif solusi terdapat perbedaan. Perbedaan tersebut salah satunya nilai derajat kejenuhan (DS). Hal tersebut dikarenakan perbedaan waktu siklus dan waktu hijau sehingga menyebabkan nilai kapasitas tiap pendekat berubah. Pengaruh dari nilai kapasitas yang berubah mengakibatkan nilai derajat kejenuhan berubah. Adapun perbandingan derajat kejenuhan tiap pendekat pada kondisi eksisting dengan alternatif solusi terdapat pada Tabel 5.45 berikut.

Tabel 5.45 Perbandingan Derajat Kejenuhan

Pendekat	Eksisting	Alternatif Solusi 1	Alternatif Solusi 2	Alternatif Solusi 3	Alternatif Solusi 4
Jalan tantara Palagan (Utara)	0,80	0,77	0,83	0,73	0,81
Jalan Padjajaran (Barat)	1,00	0,98	0,85	0,69	0,81
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	0,91	0,73	0,80	0,66	0,75
Jalan Padjajaran (Timur)	0,98	0,92	0,83	0,69	0,80

Perbandingan nilai derajat kejenuhan tiap pendekat secara lebih jelas dapat dilihat pada histogram yang terdapat pada Gambar 5.25 berikut.

**Gambar 5.25 Histogram Perbandingan Derajat Kejenuhan**

Pada pendekat utara hanya pada alternatif solusi 4 yang mengalami kenaikan nilai derajat kejenuhan. Hal tersebut disebabkan oleh waktu siklus yang mengalami penurunan cukup signifikan jika dibandingkan dengan kondisi eksisting dan alternatif solusi lainnya.

Berdasarkan hasil di atas, diperoleh alternatif solusi terbaik berdasarkan derajat kejenuhan yaitu pada alternatif solusi 3. Hal tersebut dikarenakan nilai derajat kejenuhannya $< 0,75$ pada semua pendekat sehingga disimpulkan tidak jenuh. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya Salsabila (2022) dijelaskan bahwa waktu eksisting yang didapatkan pada lengan Utara 0,70, Barat 0,95, Selatan 0,85, dan pada lengan Timur didapatkan sebesar 1,04.

Selain itu alternatif tersebut mengalami penurunan persentase pada semua pendekat dibandingkan dengan alternatif solusi lainnya.

2. Panjang Antrean

Panjang antrean memiliki perbedaan pada kondisi eksisting dan beberapa alternatif solusi. Adapun perbandingan nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.46 berikut.

Tabel 5.46 Perbandingan Panjang Antrean

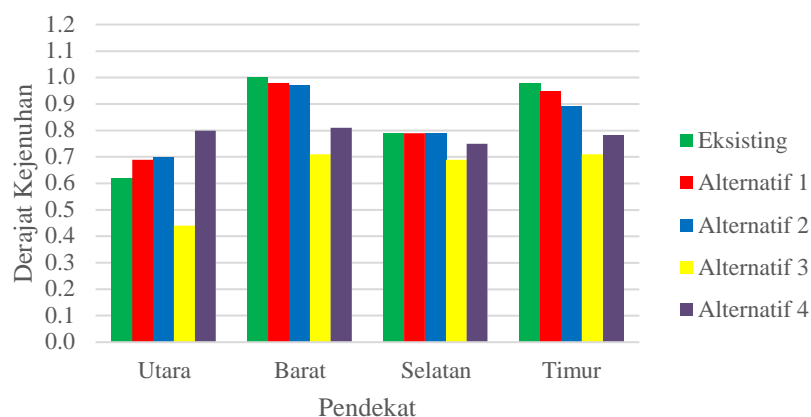
Pendekat	Panjang Antrean (m)				
	Eksisting	Alternatif Solusi 1	Alternatif Solusi 2	Alternatif Solusi 3	Alternatif Solusi 4
Jalan Tentara Palagan (utara)	75,10	44,45	80,65	35,25	28,39
Jalan Padjajaran (barat)	250,45	148,90	165,60	65,21	108,95
Jalan Nyi Tjondrolukito (selatan)	65,50	78,15	41,90	47,97	32,83
Jalan Padjajaran (timur)	225,91	79,42	108,70	68,82	83,96

Adapun persentase selisih antara kondisi eksisting dengan tiap alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.47 berikut.

Tabel 5.47 Persentase Perbandingan Panjang Antrean

Pendekat	Alternatif Solusi 1	Alternatif Solusi 2	Alternatif Solusi 3	Alternatif Solusi 4
	(%)	(%)	(%)	(%)
Jalan Tentara Palagan (Utara)	-26	-15	-67	-45
Jalan Padjajaran (Barat)	70	198	-5	20
Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)	-55	-43	-60	-69
Jalan Padjajaran (Timur)	-25	-52	-68	-62

Perbandingan nilai panjang antrean tiap pendekat secara lebih jelas dapat dilihat pada histogram yang terdapat pada Gambar 5.26 berikut.



Gambar 5.26 Histogram Perbandingan Panjang Antrean

Berdasarkan Tabel 5.47, diperoleh nilai panjang antrean untuk tiap pendekat mengalami kenaikan atau penurunan dibandingkan dengan kondisi eksisting. Pada alternatif solusi 1, pendekat Utara mengalami penurunan 28 %, pendekat Barat mengalami kenaikan 69 %, pendekat Selatan mengalami penurunan 50 %, dan pendekat Timur mengalami penurunan 25 %. Pada alternatif solusi 2, pendekat utara mengalami penurunan 15 %, pendekat Barat mengalami kenaikan 198 %, pendekat Selatan mengalami penurunan 45 %, dan pendekat Timurmengalami penurunan 49 %. Pada alternatif solusi 3, pendekat utara mengalamipenurunan 45 %, pendekat Barat mengalami penurunan 5 %, pendekat selatan mengalami penurunan 55 %, dan pendekat timur mengalami penurunan 67 %. Pada alternatif solusi 4, pendekat Utara mengalami penurunan 47 %, pendekat Barat mengalami kenaikan 20 %, pendekat Selatan mengalami penurunan 68 %, dan pendekat Timur mengalami penurunan 64 %. Berdasarkan hasil tersebut, nilai waktu siklus berpengaruh terhadap penurunan atau kenaikan panjang antrean. Semakin rendah waktu siklus, maka panjang antrean akan semakin berkurang. Hal tersebut disebabkan oleh waktu tunggu hijau yang semakin cepat sehingga kendaraan dapat segera melewati simpang.

Berdasarkan hasil di atas, diperoleh alternatif solusi terbaik berdasarkan panjang antrean yaitu pada alternatif solusi 3. Hal tersebut dikarenakan panjang antrean pada alternatif tersebut mengalami penurunan persentase pada semua pendekat.

3. Tundaan

Panjang antrean memiliki perbedaan pada kondisi eksisting dan beberapa alternatif solusi. Adapun perbandingan nilai tundaan dapat dilihat pada Tabel 5.48 berikut.

Tabel 5.48 Perbandingan Nilai Tundaan Simpang

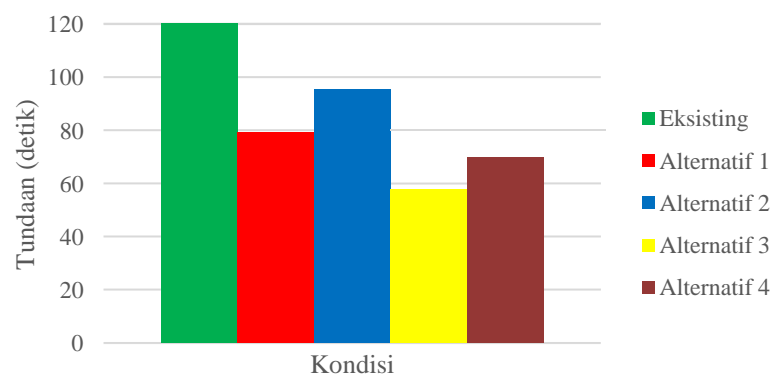
Tundaan Simpang (detik/kendaraan)				
Eksisting	Alternatif Solusi 1	Alternatif Solusi 2	Alternatif Solusi 3	Alternatif Solusi 4
129,90	89,90	95,25	57,80	69,86

Adapun persentase selisih antara kondisi eksisting dengan tiap alternatif solusi dapat dilihat pada Tabel 5.49 berikut.

Tabel 5.49 Persentase Perbandingan Tundaan Simpang

Tundaan Simpang			
Alternatif Solusi 1 %	Alternatif Solusi 2 %	Alternatif Solusi 3 %	Alternatif Solusi 4 %
-31	-24	-56	-46

Perbandingan nilai tundaan simpang secara lebih jelas dapat dilihat pada histogram yang terdapat pada Gambar 5.27 berikut.



Gambar 5.27 Histogram Perbandingan Tundaan Simpang

Berdasarkan Tabel 5.49, diperoleh nilai tundaan simpang pada tiap alternatif solusi mengalami penurunan dibandingkan dengan kondisi eksisting. Pada alternatif solusi 1 mengalami penurunan waktu tundaan sebesar 24 %, alternatif solusi 2 sebesar 19 %, alternatif solusi 3 sebesar 48 %, dan alternatif solusi 4 sebesar 43 %.

Alternatif solusi 3 memiliki nilai tundaan simpang paling kecil yaitu sebesar 57,80 detik/kendaraan. Hal tersebut disebabkan oleh penggunaan 5 fase dan penyesuaian waktu hijau sehingga waktu siklus menjadi lebih sedikit. Waktu tundaan yang lebih kecil juga dipengaruhi oleh panjang antrean. Panjang antrean yang lebih kecil mengakibatkan waktu tundaan simpang menjadi berkurang.

4. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan Simpang Monjali pada kondisi eksisting yaitu F. Meskipun alternatif solusi yang diusulkan dapat menurunkan nilai tundaan, tetapi tingkat pelayanannya tidak terjadi perubahan yang signifikan. Adapun perbandingan tingkat pelayanan dapat dilihat pada Tabel 5.50 berikut.

Tabel 5.50 Perbandingan Tingkat Pelayanan

Tingkat Pelayanan				
Eksisting	Alternatif Solusi 1	Alternatif Solusi 2	Alternatif Solusi 3	Alternatif Solusi 4
F	F	F	E	E

Berdasarkan Tabel 5.49, tingkat pelayanan pada alternatif solusi 1 yaitu F, alternatif solusi 2 yaitu F, alternatif solusi 3 yaitu E, dan alternatif solusi 4 yaitu E. Alternatif solusi 3 merupakan alternatif solusi terbaik berdasarkan tingkat pelayanan meskipun memiliki tingkat pelayanan yang sama dengan alternatif solusi 4 tetapi nilai tundaannya lebih kecil.

Berdasarkan perbandingan antara alternatif solusi 1, 2, 3, dan 4, alternatif solusi 3 merupakan alternatif yang mengalami perbaikan paling optimal pada kinerja pelayanan simpang. Hal tersebut berdasarkan nilai derajat kejenuhan, panjang antrean, dan tundaan simpang dan tingkat pelayanan. Nilai-nilai tersebut mengalami penurunan paling efektif dibandingkan dengan alternatif solusi lainnya.

Alternatif solusi yang diusulkan berupa pengaturan 5 fase dan waktu siklus menjadi 153 detik memiliki jangka waktu tertentu hingga tiap pendekat kembali mengalami kondisi jenuh. Hal tersebut disebabkan oleh pertumbuhan volume kendaraan tiap tahun sehingga tiap pendekat tidak dapat melayani volume tersebut. Oleh sebab itu perlu dilakukan analisis mengenai jangka waktu alternatif solusi yang diusulkan.

Derajat kejenuhan merupakan parameter yang memiliki syarat maksimal sehingga tiap pendekat dapat optimal dalam melayani volume kendaraan. Nilai derajat kejenuhan yang lebih dari 0,75 mengakibatkan pendekat mengalami kondisi jenuh. Hal tersebut menjadikan derajat kejenuhan sebagai dasar dalam menentukan analisis prediksi tahun mendatang.

Adapun data volume lalu lintas pada Jalan Padjajaran pada tahun 2018 dapat dilihat pada Tabel 5.51 berikut.

Tabel 5.51 Volume Lalu Lintas Jalan Padjajaran Tahun 2018

Volume Lalu Lintas (kendaraan)			
MC	LV	HV	Total
4200	1557	212	5969

Berdasarkan Tabel 5.51, volume lalu lintas di Jalan Padjajaran pada tahun 2018 sebesar 5969 kendaraan. Data tersebut dapat digunakan sebagai parameter dalam penentuan rasio pertumbuhan kendaraan tiap tahun dengan dibandingkan data volume kendaraan pada tahun 2022. Adapun data volume kendaraan pada tahun 2022 dapat dilihat pada Tabel 5.52 berikut.

Tabel 5.52 Volume Lalu Lintas Jalan Padjajaran Tahun 2022

Volume Lalu Lintas (kendaraan)			
MC	LV	HV	Total
4780	1670	120	6570

Berdasarkan Tabel 5.52, volume lalu lintas di Jalan Padjajaran pada tahun 2022 sebesar 6518 kendaraan. Jumlah tersebut mengalami kenaikan sebesar 9,12 % dari tahun 2018. Adapun perhitungan rasio kenaikan volume lalu lintas tiap tahun adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{1}{t} \ln \left(\frac{P_t}{P_0} \right) \\
 &= \frac{1}{4} \ln \left(\frac{6570}{5969} \right) \\
 &= 0,023 \\
 r &= 2 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan rasio pertumbuhan volume lalu lintas per tahun sebesar 2 %, dapat ditentukan kenaikan volume kendaraan tiap pendekat per tahun. Volume kendaraan tiap pendekat pada tahun 2022 dapat dilihat pada Tabel 5.7. Nilai kapasitas yang digunakan dalam analisis nilai derajat kejenuhan tiap tahun dapat dilihat pada Tabel 5.34. Meskipun terjadi kenaikan volume lalu lintas, tetapi kapasitas tiap pendekat tetap sama per tahunnya. Hal tersebut disebabkan dalam analisis prediksi diasumsikan tidak terjadi perubahan waktu hijau, waktu siklus, dan kondisi geometri simpang. Adapun perhitungan prediksi derajat kejenuhan pada tahun 2023 adalah sebagai berikut.

1. Pendekat Utara

$$\begin{aligned}
 P_{2023} &= P_0 e^{rt} \\
 &= 1672,4 \times e^{0,02 \times 1} \\
 &= 1682,3 \text{ smp/jam} \\
 C &= 409 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{1682,3}{409} \\
 &= 0,61
 \end{aligned}$$

2. Pendekat Barat

$$\begin{aligned}
 P_{2023} &= P_0 e^{rt} \\
 &= 1672,4 \times e^{0,02 \times 1} \\
 &= 3245,1 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$C = 2838 \text{ smp/jam}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{480,6}{695} \\
 &= 0,69
 \end{aligned}$$

3. Pendekat Selatan

$$\begin{aligned}
 P_{2023} &= P_0 e^{rt} \\
 &= 1500,7 \times e^{0,02 \times 1} \\
 &= 1534,1 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$C = 880 \text{ smp/jam}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{1534,1}{2075} \\
 &= 0,74
 \end{aligned}$$

4. Pendekat Timur

$$\begin{aligned}
 P_{2023} &= P_0 e^{rt} \\
 &= 563,8 \times e^{0,02 \times 1} \\
 &= 563,8 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

$$C = 2530 \text{ smp/jam}$$

$$\begin{aligned}
 DS &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{563,8}{800} \\
 &= 0,70
 \end{aligned}$$

Adapun rekapitulasi perhitungan derajat kejenuhan tiap tahun dapat dilihat pada Tabel 5.53 berikut.

Tabel 5.53 Rekapitulasi Nilai Derajat Kejenuhan Tiap Tahun

Tahun	Parameter	Pendekat			
		Jl. Padjajaran (Barat)	Jl. Palagan (Utara)	Jl. Padjajaran (Timur)	Jl. Nyi Tjondrolukito (Selatan)
2023	Kapasitas (C)	2838	527	2530	890
	Volume (Q)	1479,5	450,8	1535,5	570,8
	DS	0,71	0,69	0,78	0,60
2024	Kapasitas (C)	2838	527	2530	880
	Volume (Q)	1479.5	443.7	1327.6	518.6
	DS	0,70	0,71	0,76	0,72
2025	Kapasitas (C)	2838	527	2530	880
	Volume (Q)	1335,7	502,2	1603,1	589,1
	DS	0,74	0,72	0,79	0,74
2026	Kapasitas (C)	2838	527	2530	880
	Volume (Q)	1479.5	443.7	1327.6	602,2
	DS	0,78	0,75	0,76	0,75
2027	Kapasitas (C)	2838	527	2530	880
	Volume (Q)	1395,8	524,8	1327.6	615,6
	DS	0,75	0,76	0,81	0,77

Berdasarkan Tabel 5.53, Jalan Padjajaran (Barat) mengalami nilai $DS > 0,75$ pada tahun 2027, Jalan Nyi Tjondrolukito mengalami nilai $DS > 0,75$ pada tahun 2027, Jalan Padjajaran (Timur) mengalami nilai $DS > 0,75$ pada tahun 2024, dan Jalan Tentara Palagan (Utara) mengalami nilai $DS > 0,75$ pada tahun 2026.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan sebelumnya, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan MKJI 1997, Simpang Monjali pada kondisi eksisting memiliki kinerja sebagai berikut.
 - a. Derajat kejenuhan (DS) untuk Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 0,80, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 1,00, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 0,70, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 0,98.
 - b. Panjang antrean untuk Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 75,10 m, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 250,45 m, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 88,50 m, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 225,91 m.
 - c. Tundaan simpang sebesar 91,93 det/smp dengan tingkat pelayanan F.
2. Berdasarkan pemodelan VISSIM, alternatif solusi penanganan Simpang Monjali yang paling efektif yaitu alternatif solusi 3. Alternatif tersebut berupa penggunaan 5 fase sehingga kendaraan dari Utara dan Selatan yang lurus dan belok kiri memiliki waktu hijau yang bersamaan. Waktu siklus yang digunakan sebesar 153 detik. Hasil dari alternatif tersebut adalah sebagai berikut.
 - a. Derajat kejenuhan (DS) untuk Jalan Tentara Palagan (Utara) sebesar 0,73, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 0,69, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 0,66, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 0,69.
 - b. Panjang antrean untuk Jalan Palagan (Utara) sebesar 35,25 m, Jalan Padjajaran (Barat) sebesar 65,21 m, Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan) sebesar 47,97 m, dan Jalan Padjajaran (Timur) sebesar 68,82 m.
 - c. Tundaan simpang sebesar 59,58 detik/kendaraan dengan tingkat pelayanan E.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan bahan evaluasi dan pengembangan untuk penelitian selanjutnya agar Simpang Monjali dapat lebih optimal dalam melayani kendaraan yang melintas. Adapun saran yang ada adalah sebagai berikut.

1. Hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi Dinas Perhubungan Dinas Perhubungan Daerah Istimewa Yogyakarta dalam melakukan peningkatan kinerja Simpang Monjali Sleman.
2. Penelitian selanjutnya perlu mempertimbangkan kendaraan yang keluar dan masuk *Taman Budaya Monumen Jogja Kembali*.
3. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan koordinasi Simpang Monjali dengan simpang di sekitarnya agar dapat meningkatkan tingkat pelayanan.
4. Melakukan pengkajian ulang menggunakan PKJI 2023 terbaru untuk mengevaluasi Simpang Monjali agar bisa mendapatkan solusi terbaik. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk memperbaiki kinerja dan tingkat pelayanan simpang, dengan data terbaru dari PKJI 2023 yang terbaru.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. 2018. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 7th Edition*. Washington D.C.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman. 2022. Kabupaten Sleman Dalam Angka 2022. BPS Kabupaten Sleman. Sleman.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. Manual Kapasitas Jalan Indonesia. Penerbit Bina Marga. Jakarta.
- Pribadi, S.A. 2019. – Jalan Padjajaran – Yogyakarta – Jalan Pendowoharjo Sleman, Yogyakarta. Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Yogyakarta.
- PTV Group. 2011. *PTV Vissim 9 User Manual*. Kartsruhe.
- Wardani, 2018. Evaluasi Kinerja dan Tingkat Pelayanan Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Kediri Kabupaten Tabanan). Universitas Hindu Indonesia. Denpasar.
- Maulana dan Nugraha. 2019. Studi Mikrosimulasi Penilaian Kinerja Persimpangan Bersinyal Jalan Ir. H Juanda-Cikapayang. *Jurnal Teknik Sipil*. Vol. 26 No. 2: 183-188. Bandung
- Suharyanto, I. 2018. Evaluasi Derajat Kejenuhan Pada Simpang Ring Road Utara Utara Jalan Kaliurang, Sleman, DI. Yogyakarta. *Jurnal Teknik Sipil*. Vol. 13 No 1. Studi Kasus: Ringroad Utara, Monumen Jogja Kembali, Sleman Yogyakarta.
- Cahyaningrum, Fitria P (2018) Koordinasi Simpang Bersinyal Pada Kentungan – Simpang Monjali Yogyakarta. *Jurnal Teknik Sipil*. Vol. 14 No. 1. Yogyakarta.
- Iryati, S. 2021. Desain Koordinasi Sinyal untuk Dua Simpang yang Berdekatan. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Mbuinga, Firda O. (2020) Evaluasi Kinerja Operasi Simpang DR. Djundjunan-Surya Sumantri dengan Software VISSIM. *Jurnal Teknik Sipil, 2020*. Universitas Kristen Maranatha.
- Yudhatama, N.H. 2021. Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Gramedia dan Usulan Perbaikan Waktu Siklus dengan Mempertimbangkan Headway Trans Jogja. *Jurnal Unej*. Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Volume Lalu Lintas

Senin (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	MC											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06.00-06.15	135	50	50	380	25	60	100	40	80	250	56	30
06.15-06.30	120	36	30	345	30	65	98	60	66	255	35	62
06.30-06.45	100	55	26	360	55	55	100	50	87	320	66	50
06.45-07.00	110	65	28	369	45	45	125	65	89	165	54	36
07.00-07.15	145	48	56	384	25	50	120	49	54	147	68	55
07.15-07.30	130	100	47	449	16	53	110	50	58	280	68	60
07.30-07.45	122	80	31	430	11	78	122	54	56	264	98	20
07.45-08.00	154	75	25	431	13	33	135	65	57	268	78	125
08.00-08.15	135	88	20	254	13	25	122	35	78	245	98	113
08.15-08.30	121	110	18	286	15	24	122	54	60	321	65	80
08.30-08.45	124	120	30	298	20	26	128	48	66	233	88	52
08.45-09.00	178	30	25	254	19	28	120	38	38	320	65	30

Senin (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	LV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06.00-06.15	25	35	20	125	7	35	35	32	30	120	25	20
06.15-06.30	48	35	25	150	15	40	20	26	54	142	20	25
06.30-06.45	55	36	20	165	26	58	24	28	65	126	25	30
06.45-07.00	54	34	26	120	10	29	30	54	45	135	25	40
07.00-07.15	52	65	54	164	15	31	35	25	65	141	30	30
07.15-07.30	35	30	56	201	14	51	40	36	24	135	20	20
07.30-07.45	20	65	58	150	10	40	45	33	45	151	26	19
07.45-08.00	25	87	30	165	30	45	55	30	74	143	28	20
08.00-08.15	26	26	65	155	25	43	56	54	65	156	24	25
08.15-08.30	55	13	20	165	28	55	54	87	35	140	24	13
08.30-08.45	35	18	36	187	25	35	30	20	35	154	23	25
08.45-09.00	30	45	33	165	23	21	45	35	45	160	25	25

Senin (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	HV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06.00-06.15	0	0	0	13	0	0	0	0	0	9	0	2
06.15-06.30	0	0	0	12	0	0	0	0	2	10	1	2
06.30-06.45	0	0	0	13	3	1	0	1	3	14	0	3
06.45-07.00	0	1	0	19	0	2	2	1	2	13	1	2
07.00-07.15	0	0	0	15	0	0	1	2	3	11	2	2
07.15-07.30	3	2	3	20	0	2	1	1	1	21	3	2
07.30-07.45	1	0	2	15	2	2	0	1	3	17	2	1
07.45-08.00	0	1	1	14	0	0	2	2	2	18	1	2
08.00-08.15	2	1	0	14	0	1	0	3	1	13	0	3
08.15-08.30	2	0	0	12	0	2	0	0	2	13	1	2
08.30-08.45	3	0	0	10	2	1	0	0	1	6	0	2
08.45-09.00	5	0	0	12	0	3	0	1	3	17	1	3

Senin (Periode Siang)												
Waktu (WIB)	MC											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
11.00-11.15	140	55	45	265	15	68	119	80	55	200	65	80
11.15-11.30	120	45	20	254	19	66	158	65	87	250	80	65
11.30-11.45	185	47	25	355	16	69	145	80	56	230	98	35
11.45-12.00	199	43	30	289	14	54	113	65	48	245	97	40
12.00-12.15	166	46	22	384	18	68	145	69	66	265	86	56
12.15-12.30	154	65	26	450	10	88	125	64	54	235	78	87
12.30-12.45	174	55	26	430	15	63	102	65	68	220	70	65
12.45-13.00	152	63	28	421	19	40	130	53	45	280	60	88

Senin (Periode Siang)												
Waktu (WIB)	LV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
11.00-11.15	52	30	10	155	10	56	16	13	35	130	11	15
11.15-11.30	35	36	13	165	5	54	24	14	25	125	15	11
11.30-11.45	20	20	18	160	13	35	31	13	24	145	18	12
11.45-12.00	25	25	20	150	6	54	24	10	26	150	20	16
12.00-12.15	26	25	12	165	8	50	28	14	25	155	30	18
12.15-12.30	55	28	16	210	10	36	14	17	27	160	35	10
12.30-12.45	35	26	25	130	11	45	23	16	26	158	40	19
12.45-13.00	30	35	12	174	3	35	24	12	13	145	15	11

Senin (Periode Siang)												
Waktu (WIB)	HV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
11.00-11.15	0	0	0	8	0	1	1	2	3	10	2	3
11.15-11.30	0	0	0	21	0	0	2	0	2	10	1	1
11.30-11.45	0	3	0	10	0	1	0	2	1	16	2	2
11.45-12.00	1	0	0	13	2	2	1	2	2	7	1	4
12.00-12.15	1	1	1	15	0	2	2	1	2	15	1	3
12.15-12.30	0	0	2	14	0	0	0	2	4	10	1	5
12.30-12.45	0	2	1	19	1	1	1	1	3	13	1	1
12.45-13.00	0	1	0	10	0	2	2	1	5	8	2	1

Senin (Periode Sore)												
Waktu (WIB)	MC											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
15.00-15.15	100	54	20	253	20	70	155	100	98	250	56	80
15.15-15.30	125	55	18	251	15	60	168	106	65	235	90	50
15.30-15.45	130	88	16	265	19	85	166	125	89	351	78	110
15.45-16.00	122	68	45	234	32	66	164	165	66	251	76	112
16.00-16.15	185	99	20	285	28	68	123	187	110	264	85	130
16.15-16.30	130	65	13	264	66	79	188	155	121	265	181	188
16.30-16.45	170	120	17	255	54	80	170	264	65	254	68	195
16.45-17.00	164	122	16	295	65	98	160	110	48	261	55	165
17.00-17.15	180	185	18	320	54	47	150	121	65	299	35	110
17.15-17.30	145	130	12	392	48	66	90	151	98	230	46	100
17.30-17.45	75	90	16	240	35	54	100	100	55	250	50	98
17.45-18.00	215	65	15	73	20	55	50	55	68	200	68	50

Senin (Periode Sore)												
Waktu (WIB)	LV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
15.00-15.15	28	25	10	200	5	40	25	40	25	165	12	24
15.15-15.30	24	30	18	164	16	35	36	35	36	135	26	20
15.30-15.45	26	35	10	198	14	36	45	36	45	145	21	16
15.45-16.00	45	25	12	145	10	37	48	37	48	130	24	10
16.00-16.15	34	28	10	214	15	35	46	35	46	140	15	26
16.15-16.30	28	26	16	265	13	34	35	34	35	134	12	24
16.30-16.45	24	23	18	124	10	36	84	36	84	184	18	34
16.45-17.00	26	24	16	195	15	37	36	37	36	139	16	14
17.00-17.15	45	28	17	166	10	34	56	34	56	134	14	18
17.15-17.30	50	30	25	145	15	40	34	40	34	145	10	16
17.30-17.45	25	35	10	187	19	35	43	35	43	148	16	17
17.45-18.00	25	38	15	130	20	36	46	36	46	120	20	16

Senin (Periode Sore)												
Waktu (WIB)	HV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
15.00-15.15	2	0	0	10	0	2	2	0	2	12	2	2
15.15-15.30	2	0	0	12	0	0	0	1	2	10	0	2
15.30-15.45	2	0	0	13	0	0	2	0	2	15	0	1
15.45-16.00	1	0	2	16	0	2	0	1	2	13	1	1
16.00-16.15	1	0	0	8	0	1	1	0	3	15	0	2
16.15-16.30	1	0	0	14	0	0	0	1	2	14	0	2
16.30-16.45	0	2	0	12	1	1	2	0	1	10	0	1
16.45-17.00	0	0	0	10	2	0	0	1	2	11	1	0
17.00-17.15	0	1	1	6	0	2	2	0	1	10	1	2
17.15-17.30	0	0	0	4	0	1	0	0	2	8	0	0
17.30-17.45	2	2	0	6	0	1	2	0	1	9	0	1
17.45-18.00	0	1	1	9	0	0	0	0	2	5	0	2

Sabtu (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	MC											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06.00-06.15	100	30	12	230	6	30	100	89	40	100	40	54
06.15-06.30	98	35	13	220	10	54	200	90	60	200	45	58
06.30-06.45	76	34	16	180	15	51	100	97	66	218	60	56
06.45-07.00	87	26	23	120	18	53	156	98	87	298	47	69
07.00-07.15	98	35	24	250	19	55	125	87	80	250	58	87
07.15-07.30	83	36	24	155	16	58	140	86	64	223	68	23
07.30-07.45	76	123	23	160	13	74	165	100	87	290	24	54
07.45-08.00	87	68	25	170	24	64	120	84	54	210	26	98
08.00-08.15	100	98	24	155	17	34	100	107	68	110	34	110
08.15-08.30	216	94	10	320	19	65	113	60	54	230	80	56
08.30-08.45	220	87	13	330	17	87	114	87	97	220	57	98
08.45-09.00	251	68	11	350	10	31	125	68	80	210	69	88

Sabtu (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	LV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06.00-06.15	30	30	10	150	2	40	25	6	19	129	19	14
06.15-06.30	54	45	16	164	3	39	23	4	22	137	21	16
06.30-06.45	80	30	25	188	5	36	31	12	28	118	11	13
06.45-07.00	65	28	24	189	10	34	28	15	36	122	13	18
07.00-07.15	34	29	29	170	18	41	32	9	33	142	18	11
07.15-07.30	87	70	23	174	17	25	27	10	41	128	28	18
07.30-07.45	68	56	45	172	16	24	24	13	43	141	20	15
07.45-08.00	54	60	35	187	2	23	20	15	51	145	17	14
08.00-08.15	29	45	36	132	3	27	19	8	45	134	20	25
08.15-08.30	68	35	39	154	6	31	29	7	37	139	26	17
08.30-08.45	98	60	37	178	8	29	31	11	33	135	21	14
08.45-09.00	87	45	38	164	5	38	26	9	45	123	19	15

Sabtu (Periode Pagi)												
Waktu (WIB)	HV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
06.00-06.15	0	0	0	13	0	0	0	0	0	10	0	0
06.15-06.30	0	2	0	12	0	0	0	0	0	12	0	0
06.30-06.45	0	1	0	14	0	0	0	0	1	12	0	0
06.45-07.00	0	0	0	9	0	0	0	1	1	6	1	0
07.00-07.15	0	1	0	8	0	1	0	0	0	8	1	1
07.15-07.30	0	3	0	13	0	2	0	1	1	8	2	0
07.30-07.45	0	1	0	8	0	2	0	0	1	10	0	1
07.45-08.00	0	1	0	18	0	1	0	0	2	14	1	2
08.00-08.15	0	0	0	15	0	0	0	2	2	13	1	0
08.15-08.30	0	2	0	17	0	2	0	0	3	17	2	0
08.30-08.45	0	2	0	17	0	1	0	0	1	17	2	1
08.45-09.00	0	1	0	13	0	0	0	1	2	20	1	0

Sabtu (Periode Siang)												
Waktu (WIB)	MC											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
11.00-11.15	120	63	11	225	25	55	121	81	88	336	30	90
11.15-11.30	220	50	14	230	17	30	145	90	95	347	40	90
11.30-11.45	160	45	12	120	37	44	100	85	104	362	42	66
11.45-12.00	230	70	10	160	28	31	157	73	113	407	38	100
12.00-12.15	256	76	21	250	15	47	158	80	138	517	78	99
12.15-12.30	220	78	12	256	12	46	142	65	116	469	41	80
12.30-12.45	254	30	10	220	16	28	120	66	78	375	89	40
12.45-13.00	236	40	10	265	20	26	140	87	70	327	40	64

Sabtu (Periode Siang)												
Waktu (WIB)	LV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
11.00-11.15	163	19	5	14	0	20	121	8	21	9	14	18
11.15-11.30	159	31	11	12	2	31	138	6	17	15	12	21
11.30-11.45	202	28	7	15	1	23	132	12	19	10	20	24
11.45-12.00	185	20	8	15	3	28	114	19	26	12	22	11
12.00-12.15	216	24	18	6	1	21	105	7	17	14	27	16
12.15-12.30	185	19	13	8	2	26	94	7	23	17	31	14
12.30-12.45	187	18	9	9	0	15	114	16	25	16	25	17
12.45-13.00	194	34	10	7	2	20	110	10	18	13	32	18

Sabtu (Periode Siang)												
Waktu (WIB)	HV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
11.00-11.15	0	0	0	10	0	0	0	0	1	10	0	1
11.15-11.30	0	1	0	11	0	0	0	0	0	12	0	1
11.30-11.45	0	2	0	13	0	1	0	0	2	13	1	0
11.45-12.00	0	4	0	18	0	1	0	0	1	11	0	1
12.00-12.15	0	2	0	17	4	2	0	1	3	14	1	2
12.15-12.30	0	3	0	12	2	1	0	2	1	14	1	1
12.30-12.45	0	2	0	14	3	0	0	0	1	10	0	1
12.45-13.00	0	3	0	15	0	1	0	0	0	10	0	2

Sabtu (Periode Sore)												
Waktu (WIB)	MC											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
15.00-15.15	29	60	30	101	10	35	143	81	89	201	12	65
15.15-15.30	39	40	10	99	6	32	165	107	38	300	30	59
15.30-15.45	88	90	12	210	13	45	189	97	90	325	38	64
15.45-16.00	191	72	15	221	18	38	180	100	80	325	41	79
16.00-16.15	34	99	16	293	10	30	160	101	100	380	20	70
16.15-16.30	88	72	17	295	11	51	321	105	93	401	45	52
16.30-16.45	83	102	12	281	9	38	233	102	120	289	90	68
16.45-17.00	101	184	14	280	8	55	330	109	118	320	45	70
17.00-17.15	89	194	11	200	3	39	215	201	101	291	38	97
17.15-17.30	51	110	12	231	12	48	120	90	98	200	44	80
17.30-17.45	90	123	21	385	11	31	145	88	154	282	82	49
17.45-18.00	87	131	11	225	19	36	164	89	133	281	30	45

Sabtu (Periode Sore)												
Waktu (WIB)	LV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
15.00-15.15	12	21	11	182	2	25	19	13	24	150	25	28
15.15-15.30	16	24	14	198	1	28	21	18	21	137	17	31
15.30-15.45	14	29	12	214	0	22	18	12	35	144	28	29
15.45-16.00	19	17	16	231	3	26	22	18	32	131	21	23
16.00-16.15	13	23	19	236	2	25	15	17	38	138	15	27
16.15-16.30	15	32	9	201	1	37	24	14	15	145	21	15
16.30-16.45	22	28	14	217	2	41	21	12	32	139	26	20
16.45-17.00	13	27	10	208	2	45	24	12	15	142	32	22
17.00-17.15	20	20	17	224	1	33	16	20	18	150	30	20
17.15-17.30	12	26	11	184	3	34	13	11	23	137	27	15
17.30-17.45	12	21	10	202	2	44	12	13	26	136	19	17
17.45-18.00	15	29	8	189	1	25	23	23	16	126	24	26

Sabtu (Periode Sore)												
Waktu (WIB)	HV											
	Utara			Barat			Selatan			Timur		
	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT	ST	LT	RT
15.00-15.15	0	1	0	15	0	0	0	0	1	9	1	1
15.15-15.30	0	2	0	19	0	0	0	1	2	11	0	1
15.30-15.45	0	2	0	17	0	1	0	1	2	12	1	0
15.45-16.00	0	1	0	19	0	2	0	0	0	11	1	0
16.00-16.15	0	3	0	19	0	1	0	2	1	14	2	0
16.15-16.30	0	1	0	17	0	1	0	1	2	12	0	1
16.30-16.45	0	2	0	14	0	0	0	3	2	14	1	1
16.45-17.00	0	1	0	18	0	2	0	3	1	17	0	2
17.00-17.15	0	1	0	20	0	1	0	2	1	14	1	0
17.15-17.30	0	0	0	15	0	0	0	1	0	15	1	1
17.30-17.45	0	1	0	16	0	0	0	1	0	12	0	1
17.45-18.00	0	2	0	12	0	1	0	1	1	15	1	0

Lampiran 2 Data Panjang Antrean

Senin (Periode Pagi)							
Jalan Palagan (Utara)		Jalan Padjajaran (Barat)		Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)		Jalan Padjajaran (Timur)	
Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
06.00	19	06.01	78	06.01	29	06.02	58
06.03	16	06.04	70	06.04	36	06.05	64
06.05	20	06.06	82	06.07	33	06.07	57
06.08	15	06.08	58	06.09	28	06.10	54
06.11	10	06.10	90	06.12	22	06.13	71
06.14	11	06.13	70	06.15	25	06.16	59
06.16	12	06.15	81	06.17	29	06.18	64
06.19	21	06.18	88	06.20	35	06.21	68
06.22	18	06.21	77	06.23	32	06.24	65
06.25	16	06.24	71	06.26	36	06.27	80
06.28	19	06.27	80	06.29	40	06.29	75
06.30	25	06.29	85	06.32	40	06.33	65
06.33	10	06.33	78	06.35	41	06.35	80
06.36	14	06.35	65	06.38	44	06.38	45
06.38	21	06.38	58	06.41	38	06.39	60
06.41	18	06.39	90	06.44	45	06.42	50
06.44	22	06.42	85	06.47	50	06.45	75
06.47	32	06.45	87	06.50	38	06.48	63
06.50	19	06.48	102	06.53	45	06.51	75
06.52	21	06.51	98	06.56	39	06.54	58
06.55	30	06.54	95	06.59	38	06.57	63
06.58	32	06.57	112	07.02	45	07.00	47
07.01	29	07.00	109	07.05	47	07.04	75
07.04	25	07.04	120	07.08	63	07.07	110
07.07	20	07.07	128	07.11	39	07.10	55
07.09	35	07.10	131	07.14	58	07.13	75
07.12	23	07.13	125	07.17	62	07.16	80
07.15	15	07.16	134	07.20	74	07.19	85
07.18	16	07.19	140	07.23	42	07.22	75
07.20	15	07.22	155	07.26	76	07.25	100
07.23	12	07.25	150	07.29	82	07.28	87
07.26	13	07.28	170	07.32	47	07.31	70
07.27	16	07.31	101	07.36	35	07.34	75
07.29	22	07.34	153	07.38	57	07.37	100
07.32	23	07.37	175	07.41	55	07.39	80
07.35	13	07.39	158	07.43	42	07.42	80

Senin (Periode Pagi)							
Jalan Palagan (Utara)		Jalan Padjajaran (Barat)		Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)		Jalan Padjajaran (Timur)	
Jam	Panjang Antrean (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
07.37	28	07.42	103	07.46	60	07.45	73
07.40	25	07.45	115	07.49	34	07.48	83
07.43	29	07.48	102	07.52	47	07.51	58
07.46	34	07.51	200	07.55	23	07.54	67
07.49	20	07.54	160	07.58	60	07.56	52
07.52	25	07.56	161	08.01	23	07.59	80
07.55	20	07.59	156	08.04	60	08.02	70
07.58	38	08.02	182	08.07	43	08.05	68
08.01	35	08.05	154	08.09	49	08.08	79
08.04	26	08.08	134	08.12	43	08.11	78
08.06	25	08.11	145	08.15	47	08.13	95
08.09	15	08.13	124	08.18	45	08.16	71
08.12	20	08.16	97	08.21	37	08.19	110
08.15	22	08.19	84	08.24	49	08.22	95
08.18	29	08.22	91	08.27	35	08.25	82
08.21	16	08.25	65	08.30	36	08.28	75
08.24	15	08.28	49	08.33	35	08.31	117
08.27	18	08.31	74	08.36	37	08.34	103
08.30	15	08.34	45	08.39	36	08.37	67
08.32	20	08.37	55	08.42	60	08.39	90
08.35	26	08.39	62	08.44	41	08.42	107
08.38	25	08.42	38	08.47	34	08.45	125
08.41	25	08.45	50	08.50	56	08.48	60
08.44	22	08.48	44	08.53	46	08.51	74
08.47	26	08.51	52	08.56	92	08.54	85
08.50	15	08.54	61	08.59	60	08.57	70
08.53	20	08.57	48				65
08.56	13	09.00	45				
08.59	15						

Senin (Periode Siang)							
Jalan Palagan (Utara)		Jalan Padjajaran (Barat)		Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)		JalanPadjajara n(Timur)	
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
11.00	35	11.01	70	11.01	41	11.02	75
11.03	44	11.04	76	11.04	44	11.05	65
11.06	24	11.07	55	11.07	38	11.08	80
11.08	19	11.09	71	11.09	45	11.10	45
11.11	27	11.12	78	11.12	50	11.13	60
11.14	37	11.15	87	11.15	38	11.16	50
11.17	44	11.18	55	11.18	45	11.19	75
11.19	32	11.20	70	11.20	39	11.21	63
11.22	20	11.23	68	11.23	38	11.24	75
11.25	31	11.26	86	11.26	45	11.27	58
11.28	46	11.29	92	11.29	47	11.30	63
11.31	29	11.32	78	11.32	63	11.33	47
11.33	33	11.34	81	11.34	39	11.35	75
11.36	48	11.37	78	11.37	58	11.38	110
11.39	28	11.40	87	11.40	62	11.41	55
11.42	37	11.43	69	11.43	74	11.44	75
11.45	30	11.46	73	11.46	100	11.47	72
11.47	52	11.48	81	11.48	96	11.49	85
11.49	43	11.50	79	11.50	82	11.51	75
11.52	22	11.53	85	11.53	47	11.54	90
11.55	31	11.56	73	11.56	82	11.57	87
11.58	40	11.59	70	11.59	57	12.00	70
12.01	26	12.02	82	12.02	55	12.03	72
12.03	35	12.04	94	12.04	42	12.05	100
12.07	20	12.08	110	12.08	60	12.09	80
12.10	26	12.11	104	12.11	34	12.12	62
12.13	35	12.14	118	12.14	47	12.15	73
12.15	39	12.16	129	12.16	23	12.17	83
12.18	28	12.19	155	12.19	60	12.20	58
12.21	19	12.22	137	12.22	23	12.23	67
12.24	24	12.25	135	12.25	60	12.26	52
12.27	25	12.28	125	12.28	43	12.29	80
12.29	31	12.30	149	12.30	49	12.31	70
12.32	27	12.33	110	12.33	43	12.34	68
12.35	35	12.36	121	12.36	47	12.37	79
12.38	20	12.39	135	12.39	55	12.40	66
12.41	15	12.42	80	12.42	45	12.43	78
12.43	25	12.44	100	12.44	30	12.45	55

Senin (Periode Siang)							
Jalan Palagan (Utara)		Jalan Padjajaran (Barat)		Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)		Jalan Padjajaran (Timur)	
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
12.46	27	12.47	113	12.47	45	12.48	95
12.49	18	12.50	121	12.50	37	12.51	71
12.51	29	12.52	96	12.52	49	12.53	110
12.54	25	12.55	104	12.55	35	12.56	95
12.57	19	12.58	100	12.58	36	12.59	82
13.00	25						

Senin (Periode Sore)							
Jalan Palagan (Utara)		Jalan Padjajaran (Barat)		Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)		Jalan Padjajaran (Timur)	
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
15.01	20	15.02	123	15.03	50	15.04	145
15.04	15	15.05	142	15.05	48	15.07	124
15.07	25	15.08	110	15.08	63	15.10	139
15.10	35	15.11	120	15.11	52	15.12	155
15.12	32	15.13	152	15.13	75	15.15	120
15.15	20	15.16	137	15.16	64	15.18	131
15.18	47	15.19	159	15.19	40	15.21	162
15.21	28	15.22	134	15.22	54	15.24	193
15.24	30	15.25	135	15.25	65	15.27	152
15.27	23	15.28	130	15.28	72	15.30	203
15.30	28	15.31	162	15.31	58	15.32	187
15.32	20	15.33	154	15.33	62	15.35	193
15.35	33	15.36	160	15.36	75	15.38	165
15.38	26	15.39	186	15.39	61	15.41	138
15.41	25	15.42	156	15.42	55	15.43	182
15.43	41	15.44	179	15.44	60	15.46	174
15.46	23	15.47	156	15.47	72	15.49	158
15.49	26	15.50	180	15.50	60	15.51	147
15.51	32	15.52	210	15.52	68	15.54	150
15.54	20	15.55	175	15.55	55	15.57	135
15.57	35	15.58	195	15.58	68	15.58	125
15.58	25	16.01	200	16.01	45	16.00	147
16.01	25	16.04	239	16.04	57	16.03	168
16.04	23	16.06	215	16.06	66	16.06	124

Senin (Periode Sore)							
Jalan Palagan (Utara)		Jalan Padjajaran (Barat)		Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)		JalanPadjajara n(Timur)	
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
16.06	31	16.09	303	16.09	82	16.09	228
16.09	34	16.12	278	16.12	62	16.02	197
16.12	28	16.15	271	16.15	90	16.14	154
16.15	31	16.17	239	16.17	80	16.16	149
16.17	27	16.19	250	16.19	78	16.19	121
16.19	26	16.21	257	16.21	83	16.22	187
16.21	32	16.23	279	16.23	91	16.25	256
16.23	36	16.26	247	16.26	83	16.28	243
16.26	41	16.29	257	16.29	85	16.31	251
16.29	37	16.32	254	16.32	84	16.34	197
16.32	31	16.35	258	16.35	82	16.37	165
16.35	34	16.38	245	16.38	112	16.40	196
16.38	26	16.41	242	16.41	96	16.43	202
16.41	25	16.44	253	16.44	80	16.46	173
16.44	27	16.47	234	16.47	70	16.49	157
16.47	22	16.49	247	16.49	50	16.52	143
16.49	26	16.52	250	16.52	81	16.55	134
16.52	37	16.55	232	16.55	117	16.58	154
16.55	29	16.58	220	16.58	87	17.00	165
16.58	21	17.01	225	17.01	110	17.03	153
17.00	32	17.03	211	17.03	122	17.06	142
17.03	30	17.06	198	17.06	98	17.09	147
17.06	20	17.08	205	17.08	75	17.11	122
17.08	22	17.11	190	17.11	83	17.14	137
17.11	15	17.14	165	17.14	91	17.17	154
17.14	19	17.17	187	17.17	82	17.20	132
17.17	34	17.20	155	17.20	73	17.23	145
17.20	31	17.23	165	17.23	65	17.25	120
17.23	18	17.25	136	17.25	72	17.27	134
17.25	27	17.27	154	17.27	59	17.30	130
17.27	28	17.30	132	17.30	50	17.33	115
17.30	16	17.33	120	17.33	69	17.36	137
17.33	21	17.36	228	17.36	55	17.39	150
17.36	28	17.39	197	17.39	43	17.41	121
17.39	32	17.41	154	17.41	64	17.44	134
17.41	20	17.44	149	17.44	40	17.47	116
17.44	22	17.47	121	17.47	51	17.50	105
17.47	23	17.50	187	17.50	42	17.52	123

Senin (Periode Sore)								
Jalan Palagan (Utara)		Jalan Padjajaran (Barat)		Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)		Jalan Padjajaran (Timur)		
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	
17.50	24	17.52	142	17.52	50	17.55	119	
17.52	28	17.55	126	17.55	55	17.57	132	
17.55	30	17.58	135	17.58	35	18.00	109	
17.58	34							134

Sabtu (Periode Pagi)							
Jalan Palagan (Utara)		Jalan Padjajaran (Barat)		Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)		Jalan Padjajaran (Timur)	
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
06.00	18	06.01	50	06.01	35	06.02	40
06.03	13	06.04	45	06.04	42	06.05	45
06.05	15	06.06	38	06.07	30	06.07	52
06.08	12	06.08	45	06.09	27	06.10	58
06.11	13	06.10	49	06.12	21	06.13	64
06.14	16	06.13	60	06.15	24	06.16	54
06.16	21	06.15	40	06.17	28	06.18	58
06.19	22	06.18	58	06.20	34	06.21	62
06.22	15	06.21	55	06.23	31	06.24	59
06.25	20	06.24	63	06.26	35	06.27	72
06.28	17	06.27	59	06.29	38	06.29	68
06.30	20	06.29	64	06.32	38	06.33	59
06.33	23	06.33	70	06.35	39	06.35	72
06.36	16	06.35	67	06.38	42	06.38	41
06.38	14	06.38	66	06.41	37	06.39	54
06.41	18	06.39	73	06.44	43	06.42	45
06.44	22	06.42	72	06.47	48	06.45	68
06.47	18	06.45	61	06.50	37	06.48	57
06.50	23	06.48	76	06.53	43	06.51	68
06.52	12	06.51	68	06.56	38	06.54	53
06.55	20	06.54	70	06.59	37	06.57	57
06.58	12	06.57	90	07.02	43	07.00	43
07.01	24	07.00	79	07.05	45	07.04	68
07.04	20	07.04	76	07.08	60	07.07	99
07.07	18	07.07	89	07.11	38	07.10	50
07.09	21	07.10	88	07.14	56	07.13	68
07.12	31	07.13	98	07.17	59	07.16	65

Sabtu (Periode Pagi)							
JalanPalagan (Utara)		Jalan Padjajaran (Barat)		Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)		JalanPadjajara n(Timur)	
Jam	Panjan g Antrea n(m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
06.00	18	06.01	50	06.01	35	06.02	40
06.03	13	06.04	45	06.04	42	06.05	45
06.05	15	06.06	38	06.07	30	06.07	52
6.08	12	06.08	45	06.09	27	06.10	58
06.11	13	06.10	49	06.12	21	06.13	64
06.14	16	06.13	60	06.15	24	06.16	54
06.16	21	06.15	40	06.17	28	06.18	58
06.19	22	06.18	58	06.20	34	06.21	62
06.22	15	06.21	55	06.23	31	06.24	59
06.25	20	06.24	63	06.26	35	06.27	72
06.28	17	06.27	59	06.29	38	06.29	68
06.30	20	06.29	64	06.32	38	06.33	59
06.33	23	06.33	70	06.35	39	06.35	72
06.36	16	06.35	67	06.38	42	06.38	41
06.38	14	06.38	66	06.41	37	06.39	54
06.41	18	06.39	73	06.44	43	06.42	45
06.44	22	06.42	72	06.47	48	06.45	68
06.47	18	06.45	61	06.50	37	06.48	57
06.50	23	06.48	76	06.53	43	06.51	68
06.52	12	06.51	68	06.56	38	06.54	53
06.55	20	06.54	70	06.59	37	06.57	57
06.58	12	06.57	90	07.02	43	07.00	43
07.01	24	07.00	79	07.05	45	07.04	68
07.04	20	07.04	76	07.08	60	07.07	99
07.07	18	07.07	89	07.11	38	07.10	50
07.09	21	07.10	88	07.14	56	07.13	68
07.12	31	07.13	98	07.17	59	07.16	65

Sabtu (Periode Siang)							
JalanPalagan (Utara)		Jalan Padjajaran (Barat)		Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)		JalanPadjajara n(Timur)	
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
11.00	38	11.01	175	11.01	68	11.02	161
11.03	45	11.04	150	11.04	60	11.05	156
11.06	50	11.07	155	11.07	70	11.08	180
11.08	38	11.09	100	11.09	75	11.10	163
11.11	45	11.12	103	11.12	65	11.13	142
11.14	39	11.15	115	11.15	80	11.16	178
11.17	38	11.18	102	11.18	50	11.19	130
11.19	45	11.20	96	11.20	60	11.21	152
11.22	47	11.23	132	11.23	50	11.24	147
11.25	63	11.26	161	11.26	75	11.27	144
11.28	39	11.29	156	11.29	65	11.30	140
11.31	58	11.32	180	11.32	75	11.33	160
11.33	62	11.34	163	11.34	58	11.35	260
11.36	74	11.37	142	11.37	64	11.38	244
11.39	100	11.40	178	11.40	47	11.41	222
11.42	96	11.43	130	11.43	45	11.44	220
11.45	82	11.46	152	11.46	110	11.47	225
11.47	47	11.48	147	11.48	55	11.49	140
11.49	82	11.50	144	11.50	75	11.51	120
11.52	57	11.53	140	11.53	72	11.54	120
11.55	55	11.56	160	11.56	85	11.57	125
11.58	42	11.59	260	11.59	75	12.00	164
12.01	60	12.02	244	12.02	80	12.03	110
12.03	34	12.04	222	12.04	87	12.05	134
12.07	47	12.08	220	12.08	75	12.09	156
12.10	23	12.11	225	12.11	72	12.12	142
12.13	60	12.14	140	12.14	95	12.15	150
12.15	23	12.16	120	12.16	80	12.17	132
12.18	60	12.19	120	12.19	62	12.20	135
12.21	43	12.22	125	12.22	73	12.23	120
12.24	49	12.25	164	12.25	83	12.26	121
12.27	43	12.28	110	12.28	58	12.29	125
12.29	47	12.30	134	12.30	67	12.31	145
12.32	43	12.33	156	12.33	58	12.34	165
12.35	40	12.36	142	12.36	80	12.37	130
12.38	38	12.39	150	12.39	60	12.40	145
12.41	35	12.42	132	12.42	65	12.43	120
12.43	30	12.44	135	12.44	79	12.45	110

Sabtu (Periode Siang)							
JalanPalagan (Utara)		Jalan Padjajaran (Barat)		Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)		JalanPadjajara n(Timur)	
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
12.46	18	12.47	145	12.47	45	12.48	80
12.49	20	12.50	120	12.50	40	12.51	95
12.51	32	12.52	122	12.52	50	12.53	80
12.54	30	12.55	138	12.55	36	12.56	110
12.57	25	12.58	115	12.58	33	12.59	100

Sabtu (Periode Sore)							
JalanPalagan (Utara)		Jalan Padjajaran (Barat)		Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)		JalanPadjajara n(Timur)	
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
15.01	18	15.02	223	15.02	54	15.04	139
15.04	16	15.05	244	15.04	50	15.07	150
15.07	21	15.08	290	15.07	62	15.10	123
15.10	28	15.11	280	15.10	48	15.12	142
15.12	39	15.13	300	15.12	54	15.15	160
15.15	42	15.16	279	15.15	66	15.18	140
15.18	53	15.19	342	15.18	42	15.21	130
15.21	29	15.22	363	15.21	53	15.24	140
15.24	23	15.25	358	15.24	33	15.27	142
15.27	33	15.28	375	15.27	69	15.30	155
15.30	45	15.31	382	15.30	58	15.33	120
15.32	53	15.33	348	15.33	67	15.36	142
15.35	39	15.36	325	15.36	60	15.39	125
15.38	24	15.39	297	15.38	42	15.42	105
15.41	38	15.42	321	15.41	43	15.45	60
15.43	56	15.44	318	15.44	65	15.48	120
15.46	35	15.47	300	15.47	60	15.51	142
15.49	40	15.50	290	15.50	52	15.54	135
15.51	58	15.52	312	15.53	43	15.57	137
15.54	34	15.55	332	15.55	72	16.00	128
15.57	45	15.58	297	15.58	60	16.03	152
15.58	36	16.01	279	16.01	68	16.06	138
16.01	63	16.04	257	16.04	82	16.09	127
16.04	52	16.06	241	16.07	62	16.02	135
16.06	27	16.09	300	16.10	90	16.14	110

Sabtu (Periode Sore)							
JalanPalagan (Utara)		Jalan Padjajaran (Barat)		Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)		JalanPadjajara n(Timur)	
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
16.09	32	16.12	280	16.13	80	16.16	110
16.12	42	16.15	268	16.15	78	16.19	98
16.15	24	16.17	280	16.18	83	16.22	157
16.17	32	16.19	320	16.21	91	16.25	159
16.19	42	16.21	250	16.24	73	16.28	105
16.21	47	16.23	350	16.27	75	16.31	78
16.23	34	16.26	335	16.30	84	16.34	97
16.26	23	16.29	298	16.33	80	16.37	85
16.29	29	16.32	206	16.36	112	16.40	150
16.32	30	16.35	220	16.39	96	16.43	162
16.35	38	16.38	319	16.42	80	16.46	132
16.38	34	16.41	287	16.44	70	16.49	80
16.41	22	16.44	305	16.47	50	16.52	82
16.44	35	16.47	320	16.50	81	16.55	100
16.47	36	16.49	288	16.53	117	16.58	105
16.49	24	16.52	325	16.56	87	17.00	112
16.52	32	16.55	282	16.59	65	17.02	132
16.55	44	16.58	303	16.58	60	17.05	108
16.58	21	17.01	312	17.01	63	17.08	143
17.00	23	17.03	278	17.03	45	17.11	130
17.03	43	17.06	284	17.06	50	17.14	128
17.06	22	17.08	264	17.08	40	17.17	135
17.08	29	17.11	230	17.11	56	17.20	110
17.11	38	17.14	253	17.14	54	17.23	122
17.14	43	17.17	229	17.17	42	17.26	130
17.17	31	17.20	243	17.20	38	17.29	98
17.20	21	17.23	197	17.23	44	17.32	102
17.23	27	17.25	218	17.25	52	17.34	87
17.25	27	17.27	189	17.27	61	17.37	100
17.27	35	17.30	155	17.30	38	17.40	128
17.30	31	17.33	178	17.33	41	17.43	132
17.33	20	17.36	172	17.36	47	17.46	90
17.36	32	17.39	201	17.39	50	17.49	115
17.39	33	17.41	146	17.41	40	17.52	124
17.41	22	17.44	187	17.44	46	17.55	136
17.44	29	17.47	132	17.47	39	17.57	118
17.47	25	17.50	158	17.50	42	18.00	96
17.50	23	17.52	176	17.52			

Sabtu (Periode Sore)							
JalanPalagan (Utara)		Jalan Padjajaran (Barat)		Jalan Nyi Tjondrolukito (Selatan)		JalanPadjajara n(Timur)	
Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)	Jam	Panjang Antrian (m)
17.52	45	17.55	224	17.55	84		
17.55	42	17.58	182	17.58	100		
17.58	20						

Lampiran 3 Data Kecepatan Kendaraan

Senin (Periode Pagi)											
Utara (km/jam)			Barat (km/jam)			Selatan (km/jam)			Timur (km/jam)		
MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV
52	69	70	60	41	25	80	55	48	52	63	28
80	87	69	54	44	26	75	68	59	53	60	51
51	70	64	38	38	25	50	55	40	69	38	39
63	94	38	33	49	28	69	80	62	35	29	42
62	60	38	51	46	36	88	51	58	75	42	50
106	68	53	46	48	30	72	63	47	68	36	41
74	65	64	60	36	36	68	72	60	60	37	39
92	61	70	64	37	31	92	75	68	61	46	39
57	61	42	63	40	31	68	68	57	54	57	25
49	60	57	33	32	39	65	65	70	55	37	35
94	88	59	50	47	28	61	64	69	58	43	37
59	69	44	40	37	37	60	71	51	65	40	43
57	63	60	58	40	35	68	54	65	52	48	36
58	93	36	47	51	29	75	73	62	51	63	31
54	39	53	49	40	38	65	54	48	57	43	38
60	73	64	73	36	30	50	64	43	44	47	30
80	73	52	53	59	28	53	62	69	38	65	46
61	74	31	46	51	32	101	64	68	51	60	44
63	54	51	55	40	36	48	77	57	59	33	30
57	46	31	61	49	29	75	48	43	54	39	43
88	64	70	62	36	28	64	61	54	43	48	48
52	62	63	47	44	28	51	75	70	69	39	41
50	57	50	49	46	42	80	52	58	49	46	42
49	63	58	49	49	27	86	69	58	42	32	37
61	70	33	64	47	41	77	69	58	51	49	47
43	54	64	48	41	39	81	69	58	57	46	28
74	54	59	57	57	31	35	62	43	43	38	39
60	103	32	58	64	29	59	58	77	51	44	35
62	75	46	42	37	36	74	64	82	43	37	31
55	63	39	60	50	35	63	54	38	42	36	33

Senin (Periode Siang)											
Utara (km/jam)			Barat (km/jam)			Selatan (km/jam)			Timur (km/jam)		
MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV	MC	LV	HV
59	78	79	68	47	28	90	63	54	59	72	32
90	99	78	62	50	29	85	77	67	60	68	58
58	79	73	43	43	28	57	63	45	78	43	44
72	107	43	38	55	32	78	90	70	39	33	48
70	68	43	58	52	40	100	58	65	85	48	57
82	77	60	52	54	34	82	72	53	77	40	47
84	74	73	68	40	40	77	82	68	68	42	44
104	69	79	73	42	35	104	85	77	69	52	44
64	69	48	72	45	35	77	77	64	62	64	28
55	68	64	38	37	44	74	74	79	63	42	39
107	100	67	57	53	32	69	73	78	65	49	42
67	78	50	45	42	42	68	80	58	74	45	49
64	72	68	65	45	39	77	62	74	59	54	40
65	105	40	53	58	33	85	83	70	58	72	35
62	44	60	55	45	43	74	62	54	64	49	43
68	83	73	83	40	34	57	73	49	50	53	34
90	83	59	60	67	32	60	70	78	43	74	52
69	84	35	52	58	37	114	73	77	58	68	50
72	62	58	63	45	40	54	88	64	67	38	34
64	52	35	69	55	33	85	54	49	62	44	49
100	73	79	70	40	32	73	69	62	49	54	54
59	70	72	53	50	32	58	85	79	78	44	47
57	64	57	55	52	48	90	59	65	55	52	48
55	72	65	55	55	30	98	78	65	48	37	42
69	79	38	73	53	47	88	78	65	58	55	53
49	62	73	54	47	44	92	78	65	64	52	32
84	62	67	64	64	35	39	70	49	49	43	44
68	117	37	65	73	33	67	65	88	58	50	39
70	85	52	48	42	40	84	73	93	49	42	35
63	72	44	68	57	39	72	62	43	48	40	38

Lampiran 4 Data Driving Behavior

Pendekat	Jenis Kendaraan	Depan Belakang Kendaraan Berhenti (m)	Berdampingan Kendaraan Berhenti (m)	Depan Belakang Kendaraan Berjalan (m)	Berdampingan Kendaraan Berjalan (m)
Barat	MC	0,3	0,3	0,6	0,5
	MC	0,2	0,2	0,6	0,5
	MC	0,8	0,5	0,9	0,4
	LV	0,9	0,4	1,2	0,5
	LV	1	0,6	1,4	0,6
	LV	1,1	0,5	1,3	0,7
	HV	0,3	0,3	0,5	0,3
	HV	0,2	0,4	0,4	0,2
	HV	0,6	0,5	0,8	0,5
Utara	MC	0,6	0,6	0,7	0,6
	MC	1,1	0,7	1,2	0,8
	LV	0,9	0,5	1,6	1
	LV	0,2	0,5	0,6	0,2
	HV	0,2	0,3	0,5	0,3
	HV	0,5	0,6	1,4	0,3
Timur	MC	0,5	0,3	1	0,2
	MC	0,9	0,5	1,5	0,7
	MC	1,2	0,7	1,7	0,6
	LV	0,2	0,2	0,6	0,3
	LV	0,3	0,3	0,5	0,3
	LV	0,5	0,5	0,8	0,5
	HV	0,6	0,6	0,6	0,4
	HV	0,9	0,8	1	0,8
	HV	1,1	0,6	1,1	0,5
Selatan	MC	0,2	0,3	0,6	0,3
	MC	0,6	0,5	0,6	0,5
	LV	1	0,7	0,8	0,6
	LV	0,3	0,3	0,5	0,2
	HV	0,6	0,6	0,7	0,5
	HV	1,2	0,8	0,8	0,6